

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

CRISTIAN MACEDO RONCONI

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES CLARIFICANTES DE CERVEJA NO
PROCESSO DE PRODUÇÃO EM UMA MICROCERVEJARIA**

CRICIÚMA

2016

CRISTIAN MACEDO RONCONI

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES CLARIFICANTES DE CERVEJA NO
PROCESSO DE PRODUÇÃO EM UMA MICROCERVEJARIA**

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(a): Prof.^(a) Antonio Cleber Gonçalves Junior

CRICIÚMA

2016

CRISTIAN MACEDO RONCONI

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AGENTES CLARIFICANTES DE CERVEJA NO
PROCESSO DE PRODUÇÃO EM UMA MICROCERVEJARIA**

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 produção de cerveja.

Criciúma, 02 de dezembro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. e orientador Antonio Cleber Gonçalves Junior - UNESC

Eng.º Químico Léo Victor Boeing Vieira

Prof. Emerson Colonetti - Me. - UNESC

Dedico este trabalho aos meus pais, que me deram educação e caráter ao longo da vida, e sempre me incentivaram ao estudo.

AGRADECIMENTOS

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

É difícil agradecer a todas as pessoas que de algum modo fizeram ou fazem parte da minha vida, então, por isso primeiramente agradeço a todos de coração.

Agradeço a minha mãe, Maria Joceli Macedo Ronconi, e ao meu pai, Edson Ronconi, que estiveram sempre presentes, me dando todo apoio e força para que continuasse na luta durante essa etapa de minha vida.

A minha namorada, Schaiane Junkes, que compartilhou comigo este momento, foi muito paciente em minhas ausências e me ajudou bastante me dando dicas e apoio moral para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os meus familiares, que sempre acreditaram em mim 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.

Aos colegas de universidade, que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida.

Muito obrigado ao meu orientador, Antonio Cleber Gonçalves Junior, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

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

“A nossa maior glória não reside no fato de nunca cairmos, mas sim em levantar-nos sempre depois de cada queda.”

Oliver Goldsmith

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, com números que anualmente vem aumentando. Por isso a otimização da produção da cerveja vem sendo estudada e novos métodos vêm sendo desenvolvidos. Um dos fatores primordiais para ter um respaldo positivo na hora da comercialização é a qualidade da cerveja. A estabilidade coloidal é um dos fatores principais para isso, ou seja, a aparência da cerveja retratara se o comerciante terá uma boa impressão ou não da qualidade do produto. Esta estabilidade é influenciada pela turbidez e esta, por sua vez, é causada devido a reações envolvendo proteínas e polifenóis que formam um composto de peso molecular maior tornando-o insolúvel a certas temperaturas. Primeiramente estes compostos só se tornam insolúveis a temperaturas inferiores a 0°C e acabam se redissolvendo quando a cerveja volta a uma temperatura superior, denominada então de turbidez a frio. Caso esta turbidez permaneça por um período de tempo longo, ela acaba se tornando uma turbidez permanente. Existem vários mecanismos para a eliminação destes componentes, sendo o mais utilizado a utilização de agentes clarificantes que auxiliam na remoção destes compostos. De base disso, o presente trabalho teve por objetivos avaliar a utilização de dois tipos de agentes clarificantes, um com sua composição a base de PVPP e outro uma sílica gel, na produção de cerveja em uma microcervejaria. A partir disso, dois experimentos foram elaborados, um visando observar a formação do trub após o processo da fervura e adição dos agentes clarificantes, e posteriormente análise das amostras frente à formação da turbidez a frio, e outro é o acompanhamento em escala real para observar se com a adição dos agentes é possível obter um ganho de produto no processo. Como resultado do primeiro experimento, foi evidenciado que o agente a base de PVPP é o mais indicado na utilização, pois foi o que formou um trub mais compacto, tornando o mosto mais clarificado, e também foi o que melhor neutralizou a formação da turbidez a frio. No segundo experimento, pode ser visto um ganho de produto no processo com a adição do agente a base de PVPP, assim é possível minimizar as perdas decorrentes no processo de produção.

Palavras chave: Cerveja, Estabilidade coloidal, Turbidez a frio, Turbidez permanente, Agentes clarificantes.

ABSTRACT

Beer is a product that from the earliest times has been much appreciated all over the world. In Brazil it is no different, the country has one of the largest markets, with numbers that are increasing annually. Therefore, the optimization of beer production has been studied and new methods have been developed. One of the key factors to have a positive endorsement at the time of selling beer is its quality. Colloidal stability is one of the main factors for this, which is responsible for appearance of beer and will portray if the marketer will have a good impression or not of the quality of the product. This stability is influenced by turbidity, which in turn is caused by reactions involving proteins and polyphenols, which form a compound of higher molecular weight, making it insoluble at certain temperatures. First these compounds only become insoluble at temperatures below 0 ° C, and they dissolve if the beer is heated, then referred to as cold turbidity. There are several mechanisms for the elimination of these components, being the most used the use of clarifying agents that help in the removal of these compounds. Based on this, the present work aims to evaluate the use of two types of clarifying agents, one with its composition based on PVPP and another one with silica gel, in the production of beer in a microbrewery. From this, two experiments were developed, one aiming to observe trub formation after the boiling process and the addition of the clarifying agents, and later the analysis of the samples against the formation of the cold turbidity, and another is the real-scale monitoring to observe if with the addition of the agents it is possible to obtain a gain of product in the process. As a result of the first experiment, it was evidenced that the agent based on PVPP is the most indicated in the use, because it was what formed a trub more compact, making the wort more clarified, and also was the one that better neutralized the formation of the cold turbidity. In the second experiment, a gain of product in the process can be seen with the addition of the PVPP-based agent, so it is possible to minimize the losses arising in the production process.

Key words: Beer, Colloidal stability, Cold turbidity, Permanent turbidity, Clarifying agents.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Variação da temperatura em função do tempo durante o processo de mosturação.	19
Figura 2 - Formação da turbidez na cerveja.	26
Figura 3 - Fermentadores.....	30
Figura 4 - Medidor de vazão acoplado a linha de enchimento do tanque.	32
Figura 5 - Análise do volume de trub formado nas amostras.....	34
Figura 6 - Comportamento da turbidez ao final da maturação.	35
Figura 7 - Comportamento da turbidez após a centrifugação.....	37
Figura 8 - Comparação da turbidez do agente clarificante A antes e depois do resfriamento.	38
Figura 9 - Comparação da turbidez do agente clarificante B antes e depois do resfriamento.	38
Figura 10 - Comportamento da turbidez após o tempo de um dia a uma temperatura de -2°C.	39
Figura 11 - Trub formado a partir do agente A.	41
Figura 12 - Trub formado a partir do agente B.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição do malte.	15
Tabela 2 - Composição do lúpulo seco “in natura”.	16
Tabela 3 - Relação da porcentagem de retenção do malte em diferentes aberturas da peneira com o equipamento para realização da filtração.	17
Tabela 4 - Temperatura e pH de atuação das enzimas.	18
Tabela 5 - Nomenclatura dos agentes e suas respectivas concentrações utilizadas no experimento.	29
Tabela 6 - Volumes de trub para cada amostra.	33
Tabela 7 - Turbidez das amostras ao final da maturação.	34
Tabela 8 - Turbidez das amostras após a centrifugação.	36
Tabela 9 - Turbidez das amostras após um dia a uma temperatura de -2°C.	38
Tabela 10 - Comparação de volumes de mosto obtidos com os diferentes agentes clarificantes.	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 MATÉRIAS-PRIMAS	14
3.1.1 Malte	14
3.1.2 Lúpulo	15
3.1.3 Água	16
3.1.4 Leveduras	16
3.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE CERVEJA	17
3.2.1 Moagem do malte	17
3.2.2 Mosturação	18
3.2.3 Filtração	19
3.2.4 Fervura	19
3.2.5 Resfriamento e aeração	20
3.2.6 Fermentação	21
3.2.7 Maturação	21
3.2.8 Clarificação	22
3.2.8.1 Sedimentação por gravidade	22
3.2.8.2 Agentes clarificantes	22
3.2.8.3 Centrifugação	23
3.2.8.4 Filtração	23
3.2.9 Carbonatação	23
3.2.10 Envase	24
3.2.10.1 Enchedora de garrafas e latas	24
3.2.10.2 Embarrilamento	24
3.2.11 Pasteurização	25
3.3 ESTABILIDADE DA CERVEJA	25
3.3.1 Estabilidade coloidal da cerveja – Turbidez	26
3.3.2 Composição da turvação na cerveja	26
3.3.5 Previsão da turbidez na cerveja	27
3.3.5 Métodos para melhorar a estabilidade da cerveja	27
4 METODOLOGIA	28
4.1 MATERIAIS E REAGENTES	28
4.1.1 Experimento 1	28
4.1.2 Experimento 2	29
4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	29
4.2.1 Procedimento experimento 1	29
4.2.2 Procedimento experimento 2	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33

5.1 ANÁLISE DE DADOS EXPERIMENTO 1	33
5.1.1 Formação do trub	33
5.1.2 Turbidez a frio	34
5.2 ANÁLISE DE DADOS EXPERIMENTO 2.....	40
6 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

O mercado cervejeiro brasileiro hoje movimentava cerca de R\$ 74 bilhões, correspondendo a 1,6% do produto interno bruto (PIB) nacional e 14% da indústria de transformação. Este ramo, nos últimos anos, vem apresentando uma taxa de crescimento constante, cerca de 5% ao ano, tornando o Brasil o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, atrás apenas de China e Estados Unidos (VANINI, 2016).

Devido a este grande crescimento no mercado, um dos principais fatores, ou se não, o principal fator é a qualidade do produto. Ela está associada a total satisfação do consumidor ou cliente. A primeira impressão para o produto apresentar uma boa qualidade é visual, ou seja, a cerveja deve se apresentar límpida, e sem deposição de sedimentos no fundo das embalagens que podem ser causadas devido à turbidez. Estes defeitos podem remeter ao consumidor ou cliente de que o produto possa estar estragado. (AQUARONE et al., 2001).

Depois de finalizado todos os processos de clarificação da cerveja, tais como, centrifugação e filtração, ela pode posteriormente turvar e prejudicar a qualidade final. Esta turvação ocorre quando a cerveja é resfriada em torno de 0°C, tornando o complexo proteína-polifenól insolúvel. Nos primeiros dias a turbidez a frio é reversível caso seja retornada a temperatura ambiente. Caso permaneça por um longo período de tempo, ela se transformará em sedimentos, tornando assim irreversível este defeito. Uma maneira de evitar é a utilização de aditivos estabilizantes ou agentes clarificantes, que são adicionados na fervura que removem os polifenóis, ou as proteínas, ou até mesmo o complexo formado (AQUARONE et al., 2001).

Estes agentes têm como objetivo melhorar o aspecto coloidal da cerveja, auxiliando na remoção destes componentes, mais também auxiliando na formação do trub para obter um mosto mais clarificado. A formação do trub, está ligada diretamente na redução de perdas de produto no processo, um fator importantíssimo dentro da indústria, pois está diretamente ligada no preço do produto final e no tratamento dos resíduos gerados no processo.

Assim, disposto de dois agentes clarificantes, foi averiguado diferentes dosagens dos mesmos, analisado qual apresentara melhores resultados na obtenção de mosto cervejeiro mais clarificado, a possível formação da turbidez a frio do produto fermentado e o ganho produtivo que se possa ter ao final de todo o processo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo principal, avaliar dois diferentes agentes clarificantes no processo de produção de cerveja pilsen em uma microcervejaria.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a diferença da formação do trub, após dosagem dos agentes clarificantes na fervura;
- Identificar, após a cerveja pronta, a ocorrência de turbidez a frio;
- Apontar a melhor dosagem de adição no processo de fervura;
- Avaliar o ganho produtivo que se possa obter.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para entender melhor a importância da adição desses agentes clarificantes de cerveja, necessita-se conhecer pontualmente cada matéria prima e cada parte do processo, para garantir um produto final de alta qualidade.

3.1 MATÉRIAS-PRIMAS

A cerveja é uma bebida fermentada com uma história de 6000 a 8000 anos, cujo processo de elaboração, cada vez mais controlado tem permanecido inalterado durante séculos. Os ingredientes básicos para a produção na maioria das cervejas são cevada maltada, água, lúpulo e levedura. De fato, a lei bávara de pureza com 500 anos (*Reinheitsgebot*) restringe os cervejeiros a utilizarem apenas esses ingredientes nas cervejas produzidas na Alemanha. Mas, porém, a legislação brasileira permite que parte do malte de cevada possa ser substituída por cereais maltados ou não, e por carboidratos de origem vegetais transformados ou não, conhecidos como adjuntos (VENTURINI FILHO, 2010).

3.1.1 Malte

O termo malte define a resultante da germinação, sob condições controladas, de qualquer cereal, dentre eles, cevada, milho, trigo, aveia, entre outros. O mais utilizado em cervejarias é o malte proveniente da cevada, ela é uma gramínea pertencente ao gênero *Hordeum*, onde seus grãos na espiga são envoltos por diversas camadas celulósicas, onde a primeira camada é denominada de palha, que é eliminada no beneficiamento, e outras camadas aderentes ao grão, em conjunto denominado de casca, que posteriormente desempenham um papel importante na produção de cerveja (VENTURINI FILHO, 2005).

Depois de feita a colheita, a cevada é transportada para as maltearias por onde passam por peneiras para remoção de impurezas grosseiras e posteriormente é armazenada em silos onde a temperatura e o teor de umidade é controlado. Para a maltagem, os grãos de cevada são espalhados em uma caixa retangular ou em compartimentos circulares, onde há circulação de ar fresco, uma atmosfera úmida e a temperatura dos grãos controladas favorecendo a germinação. Quando os grãos iniciam uma nova planta a germinação é interrompida. Assim o amido presente nos grãos malteado se apresenta em cadeias menores, se tornando menos duro e mais solúvel, possuindo enzimas no interior dos grãos que são de

extrema importância no processo cervejeiro (BRIGGS et al., 2004). Abaixo a Tabela 1 mostra a composição do malte utilizado no processo cervejeiro:

Tabela 1- Composição do malte.

Substância	Porcentagem (%)
Amido	55-65
Proteína	9,5-11,5
Hemicelulose e gomas	Cerca de 10
Substâncias graxas	2-3
Substâncias minerais	2,5-3,5
Celulose	3,5-7

Fonte: Curso de Tecnologia e Prática Cervejeira - Módulo 1(2013).

3.1.2 Lúpulo

O lúpulo é uma planta dióica, ou seja, apresenta plantas masculinas e femininas em indivíduos diferentes. O interesse da indústria cervejeira recai a planta feminina, pois os frutos delas decorrentes são ricos em glândulas amarelas, contendo lupulina (resinas, óleos essenciais, etc.), que é responsável por conferir o aroma e o amargor às cervejas. As frações mais importantes da lupulina são as resinas e os óleos essenciais. A resina é constituída de alfa e beta-ácidos, que são a fonte principal de amargor na cerveja. Já os óleos essenciais são uma mistura de vários componentes, sendo os mais importantes os hidrocarbonetos da família dos terpenos, ésteres, aldeídos, cetonas, ácidos e álcoois. Estes por sua vez, influenciam no aroma da cerveja (AQUARONE et al., 2001). A tabela 2 informa as quantidades desses componentes presentes no lúpulo seco “*in natura*”.

Tabela 2 - Composição do lúpulo seco “in natura”.

Substância	Porcentagem (%)
Teor de umidade	8-12
Resinas amargas totais	12-22
Óleos essenciais	0,5-2
Substâncias tânicas (polifenóis)	4-14
Substâncias minerais	7-10
Lipídios e ceras	1-3
Proteínas	13-18
Aminoácidos	0,1-0,2
Carboidratos	2-4
Celulose	10-17

Fonte: Curso de Tecnologia e Prática Cervejeira – Módulo 1 (2013).

3.1.3 Água

A água é a principal matéria-prima do processo, pois aproximadamente 92% a 95% do peso da cerveja é constituída por água. Toda água possui sais dissolvidos e, se a quantidade destes sais for alta, lhe confere “gosto” à água, influenciando diretamente nos processos químicos e enzimáticos que ocorrem no processo, e conseqüentemente, na qualidade da cerveja produzida (VENTURINI FILHO, 2010).

Uma boa água cervejeira deve ser potável, transparente, incolor e livre de qualquer sabor estranho. Deve apresentar uma alcalinidade máxima de 50 ppm, pH entre 4 e 9 e possuir aproximadamente 50 ppm de cálcio (AQUARONE et al., 2001).

3.1.4 Leveduras

As características de sabor e aroma de qualquer cerveja esta significativamente relacionada pelo tipo de levedura utilizada. Embora o principal produto produzido pelas leveduras seja o etanol na fermentação, este álcool tem pequena importância no sabor da cerveja. O tipo e a concentração de vários componentes de excreção formados durante a fermentação são quem primariamente determinam o sabor da cerveja. Essa composição depende da cepa utilizada, da temperatura, do pH da fermentação e da concentração do mosto (BOULTON; QUAIN, 2001).

As leveduras utilizadas na produção de cerveja pertencem à espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Nas cervejarias, durante o processo fermentativo existe a alta fermentação, onde a temperatura gira em torno de 18°C-22°C e a baixa fermentação, onde a temperatura oscila de 7°C a 14°C (BOULTON; QUAIN, 2001).

3.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE CERVEJA

3.2.1 Moagem do malte

Para iniciar o processo de produção, primeiramente tem-se que realizar a moagem do malte. Os objetivos desta moagem é aumentar a área superficial do grão, possibilitando a atuação enzimática e quebra do malte, separação das cascas para serem utilizadas como material filtrante, ter um rendimento máximo, ter uma boa clarificação e uma boa qualidade do mosto filtrado. Existem certos fatores que influenciam no comportamento da moagem do malte, tais como: qualidade do malte, umidade do malte e tipos de moagem, processo de mosturação e sistema de clarificação, moinhos utilizados e volume da moagem (BRIGGS et al, 2004).

Para determinar a granulometria final que se deseja, tem que se analisar qual será o equipamento usado para clarificação do mosto, abaixo a tabela 3 relaciona as aberturas das peneiras de análises granulométricas, com a porcentagem em peso que cada peneira tem que reter do malte para analisar de houve uma boa moagem e cada tipo de equipamento utilizado:

Tabela 3 - Relação da porcentagem de retenção do malte em diferentes aberturas da peneira com o equipamento para realização da filtração.

Abertura (mm)	Peneira	Tina filtro	Filtro Prensa com membrana	Filtro Prensa convencional
1,270	Peneira 1 (Cascas)	21%	<1%	6,5%
1,010	Peneira 2 (Sêmolas grossas)	7,5%	<4%	2,5%
0,547	Peneira 3 (Sêmolas finas I)	32%	<9%	29,5%
0,253	Peneira 4 (Sêmolas finas II)	20%	>26%	35%
0,152	Peneira 5 (Farinha)	7,5%	>19%	10%
0	Peneira 6 (Pó de farinha)	15%	<41%	21,5%

Fonte: Curso de Tecnologia e Prática Cervejeira – Módulo 2 (2013)

3.2.2 Mosturação

Na mosturação o malte moído é misturado com água e aquecido na tina de mostura e tem como finalidade recuperar, no mosto, a maior quantidade possível de extrato. O extrato do mosto apresenta uma pequena parte de substâncias oriundas do malte (10-15%) solúvel em água, o restante (85-90%) é formado por produtos de degradação de macromoléculas pelas enzimas do malte. Desta forma as amilases convertem o amido em açúcares fermentescível (maltose principalmente) e dextrina não fermentável, as proteases produzem peptídeos e aminoácidos pela digestão das proteínas e as fosfatases liberam íon fosfato orgânico para o mosto (AQUARONE et al., 2001).

Cada enzima presente no malte só atua em uma faixa de temperatura e certo pH. A tabela 10 mostra os valores de temperatura e pH correspondentes às atuações enzimáticas:

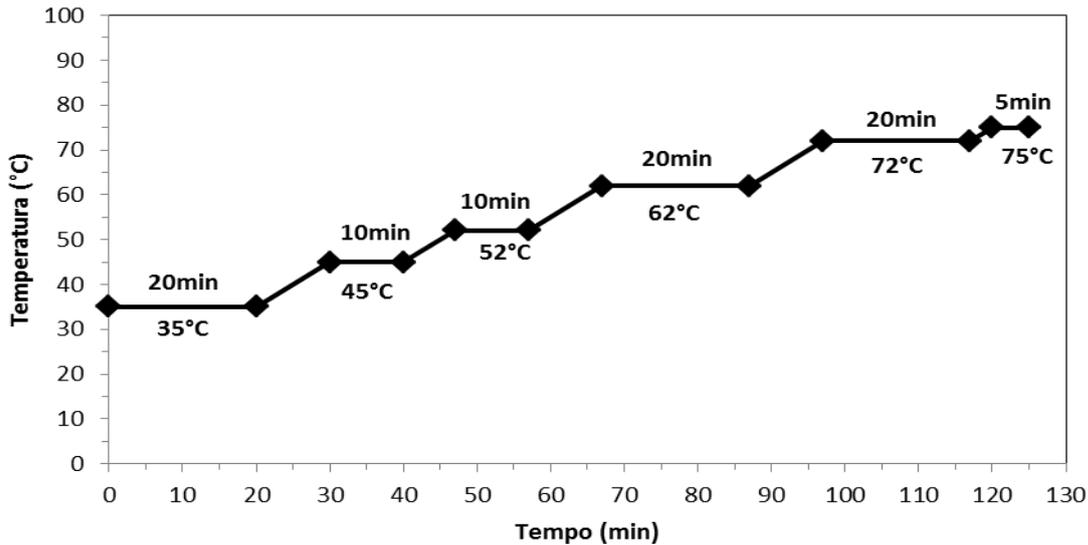
Tabela 4 - Temperatura e pH de atuação das enzimas.

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	5,0	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).

Segundo Venturini Filho (2010), a escolha do tipo de mosturação ou programa de tempo/temperatura vai depender da composição e do tipo de cerveja desejado, agregando, por exemplo, o quanto de açúcar fermentescível deseja-se ou quanto de substâncias proteicas almeja-se para o corpo final da cerveja. A figura 1 apresenta um exemplo de programa de mosturação:

Figura 1 - Variação da temperatura em função do tempo durante o processo de mosturação.



Fonte: VENTURINI FILHO (2010).

3.2.3 Filtração

Após o processo de mosturação, essa mistura precisa ser separada da parte sólida. Existem vários meios para realizar esta separação, pode ser pela tina combinada de mosturação-filtração, filtro prensa, “*strain máster*” e a tina de filtração. A mais utilizada atualmente é a tina de filtração, que consiste em um tanque com uma peneira em seu interior. Ao transferir a mistura, as cascas provenientes do malte formam uma espécie de cama no interior do tanque, auxiliando no processo de filtração do mosto (BOULTON; QUAIN, 2001).

A filtração do mosto é realizada em duas partes: a) a primeira se retira quase toda a fração líquida pelo leito filtrante, dando origem ao mosto primário; b) na segunda, são feitas lavagens com água, com a finalidade de se extrair o máximo de extrato que fica retido nos sólidos. A temperatura de clarificação deve estar entorno de 75°C, aonde nesta temperatura a viscosidade do mosto favorece sua pronta e completa separação do resíduo, as enzimas do malte estão predominantemente inativas, o desenvolvimento bacteriano está bloqueado e não existe o risco de se extrair substâncias insolúveis das matérias-primas, principalmente os taninos da casca do malte (AQUARONE et al., 2001).

3.2.4 Fervura

Após o mosto filtrado, ele é submetido à fervura, que tem como finalidades, a isomerização dos lúpulos, garantir o desenvolvimento de substâncias aromáticas,

desenvolvimento coloidal, inativação completa das enzimas presentes e a esterilização do mosto. A isomerização dos lúpulos é a conversão dos alfa-ácidos em isso-alfa-ácidos, responsáveis por conferir amargor à cerveja. O ponto máximo de isomerização ocorre entre 60 e 70 minutos de fervura, e corresponde a aproximadamente 60% dos alfa-ácidos totais. A inativação das enzimas é necessária, caso contrário, ao final do processo teríamos uma cerveja adstringente. Além disso, durante a fervura do mosto, proteínas e complexos de proteínas como os taninos, precisam ser eliminados para obter uma cerveja clarificada. Com o aumento da fervura as proteínas coagulam e precipitam no fundo da tina de fervura. Esse precipitado é denominado 'trub'. Na maioria das vezes, há uma ineficiência na coagulação das proteínas, levando uma cerveja sem estabilidade coloidal. Uma maneira de remover essas proteínas é a adição de agentes clarificantes para garantir sua estabilidade (ESSLINGER, 2009).

A fervura auxilia também na remoção de substâncias voláteis que podem causar odor e sabor indesejáveis na cerveja, tais como as substâncias de enxofre, especialmente o dimetilsulfeto (DMS). Ainda, outras reações podem ocorrer, como as reações de Maillard, que ocorrem em torno de 80°C e geram novas substâncias de aroma. A de maior importância são os aldeídos desenvolvidos a partir dos aminoácidos que influenciam na estabilidade do sabor da cerveja. E por fim, a fervura ajusta o extrato, isto é necessário para garantir a constância do produto para atender os requisitos legais de comercialização da cerveja (BOULTON; QUAIN, 2001).

Após finalizar a fervura, necessita-se separar o 'trub' do mosto. Esta separação é feita em uma tina de decantação, denominada "whirlpool", por onde o mosto entra tangencialmente a tina, formando um movimento curvilíneo e a força centrípeta provocada, concentra todo o trub no centro da tina facilitando a remoção do mosto (AQUARONE et al., 2001).

3.2.5 Resfriamento e aeração

O resfriamento do mosto tem como objetivo reduzir a temperatura do mosto, que esta próxima dos 100°C, para a temperatura adequada de inoculação da levedura. O mecanismo de resfriamento mais utilizado nas cervejarias são trocadores de calor à placas, pois apresentam alta eficiência, fácil manuseio para limpeza, e geram para as cervejarias um grande volume de água quente, que podem ser usados no processo de lavagem do mosto. A aeração do mosto é essencial para o crescimento das leveduras que é realizado através do metabolismo oxidativo (respiração). Nas cervejarias a aeração é realizada com adição de ar

estéril ou oxigênio na linha de resfriamento, logo após os trocadores de calor (AQUARONE et al., 2001).

3.2.6 Fermentação

O mosto então resfriado e aerado e transferido para os tanques de fermentação para entrarem em contato com as leveduras. Assim, as leveduras convertem os açúcares presentes em etanol e gás carbônico (CO₂). Durante este processo temos também a formação de subprodutos, que têm um efeito considerável sobre o perfil do aroma e sabor da cerveja. Os teores desses subprodutos variam com os padrões de crescimento celular que são influenciados pelas condições de processo. Com isso as condições de fermentação, tais como concentração e composição do mosto, temperatura e duração do processo fermentativo sobre as características organolépticas da cerveja tem sido objetivo de estudo de vários pesquisadores (ESSLINGER, 2009).

O oxigênio fornecido na aeração, é consumido pela levedura no início do processo fermentativo, é utilizado para produzir ácidos carboxílicos insaturados e esteróis que são essenciais para a síntese da membrana celular e, conseqüentemente, para o crescimento celular, o qual ficaria restrito na ausência desse oxigênio causando uma fermentação anormal, provocando mudanças nas características da cerveja (VENTURINI FILHO, 2010).

3.2.7 Maturação

Maturação também conhecida como fermentação secundária, diz respeito ao tempo de maturação da cerveja. Após a fermentação primária a temperatura é reduzida normalmente a 0°C e inicia-se a clarificação da cerveja mediante a remoção, por sedimentação, das células de levedura, de material amorfo e de componentes que causam turbidez a frio na bebida. Mesmo a esta temperatura, a fermentação ainda continua, fazendo então a saturação da cerveja com CO₂. A maturação ainda melhora o sabor e aroma da cerveja, reduzindo a concentração de diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico, bem como o aumento do teor de éster e mantém a cerveja em seu estado reduzido, evitando oxidações que comprometem sensorialmente a bebida (AQUARONE et al., 2001).

Após o processo fermentativo (fermentação/maturação) a cerveja ainda não esta pronta para o consumo e requer vários tratamentos antes de ser engarrafada. Ela pode passar por até seis tratamentos: a)carbonatação; b)modificação de aroma e sabor; c)padronização da

cor; d) estabilização contra turvação; e) clarificação; f) estabilização biológica. Os mais importantes e mais utilizados na indústria são a carbonatação, estabilização contra a turvação e a clarificação (AQUARONE et al., 2001).

3.2.8 Clarificação

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

3.2.8.1 Sedimentação por gravidade

É o método mais simples para obtenção de uma cerveja límpida, sendo empregado antes dos filtros e das centrífugas. Este processo é feito livremente, pois com a diminuição da temperatura para iniciar a maturação a sedimentação já ocorre espontaneamente. Apesar de simples, deve ter uma certa precaução na utilização somente deste método, pois se a cerveja engarrafada apresentar uma massa de leveduras, pode ocorrer autólise das células, especialmente quando a temperatura é aumentada. Assim apenas utilizando este método, as perdas de cerveja são relativamente grandes, devido a existir uma fração de cerveja misturada com a carga de fermento presente no tanque de fermentação. (VENTURINI FILHO, 2010).

3.2.8.2 Agentes clarificantes

Embora a cerveja possa ser obtida com uma boa limpidez através dos outros processos, alcançasse melhores resultados e em tempos menores utilizando estes agentes. Devido a sua estrutura química, esses agentes possuem cargas positivas e interagem com as células de leveduras, as quais apresentam cargas negativas e com proteínas que também estão carregadas negativamente. Os agentes clarificantes mais comuns é a cola de peixe (ictiocola ou *isinglass*), ácido tânico, silicatos, polivinilpolipirrolidona (PVPP) e sílicas géis (ESSLINGER, 2009).

3.2.8.3 Centrifugação

O princípio da centrifugação está baseado na lei de Stokes, que determina a velocidade de sedimentação das partículas. Possuem diversos fatores que influenciam nesta velocidade, tais como: menor viscosidade do líquido, maior diâmetro das partículas e maior diferença de densidades entre as partículas e o líquido. Existem dois tipos de centrifugas utilizadas nas cervejarias, a decantadora e a clarificadora. A clarificadora é a mais utilizada entre elas, ela consiste em um tambor vertical com vários discos empilhados, separados por espaçamentos entre 0,5 e 2 mm. Essas centrífugas podem ejetar sólidos de forma intermitente ou contínua, podendo trabalhar com uma concentração de sólidos de até 30%. Dependendo da concentração de sólidos, o fluxo para um determinado equipamento pode variar de 40 a 600 hL/h (VENTURINI FILHO, 2010).

3.2.8.4 Filtração

O objetivo da filtração é preservar a cerveja, para evitar a ocorrência de alterações visíveis em longo prazo. Geralmente a filtração tem como função a remoção de materiais suspensos de cerveja e retirar potenciais formadores de turbidez. Uma importante característica da cerveja é seu brilho e clareza. Os primeiros filtros eram de celulose, mais logo foram substituídos pelos filtros de terra diatomácea. As terras diatomáceas são usadas como um agente filtrante para a clarificação da cerveja. Essas terras consistem em fósseis ou esqueletos de organismos primitivos chamados diatomáceos (algas unicelulares que contêm dióxido de silício), dos quais existem mais de 15000 tipos nos mares (ESSLINGER, 2009).

3.2.9 Carbonatação

Durante a maturação, a cerveja é naturalmente carbonatada pelo CO₂ gerado pela atividade das leveduras e mediante a uma contrapressão de CO₂ de 0,8-1,0atm no tanque. Mais as cervejarias optam por outros métodos, devido às dificuldades de controle da fermentação e do nível de CO₂ no produto. Esses métodos são chamados de mecânicos. Nestes casos utiliza-se CO₂ comprado de empresas especializadas ou recuperado na própria cervejaria a partir da geração de CO₂ na fermentação. Caso seja recuperado, deve ser desidratado, purificado com carvão ativo e liquefeito (AQUARONE et al., 2001).

Existem dois tipos de carbonatação que são as mais utilizadas nas cervejarias, são elas:

Carbonatação em linha: Aqui o CO₂ é injetado durante a passagem da bebida por uma tubulação. Um difusor produz pequenas bolhas de CO₂ (10-100 µm), que são facilmente absorvidas pela cerveja (VENTURINI FILHO, 2010).

Carbonatação em tanque: Nesta, o CO₂ é injetado na cerveja também através de um difusor, mas localizado no fundo do tanque de armazenagem, até que se atinja uma determinada contrapressão (VENTURINI FILHO, 2010).

3.2.10 Envase

O envase é o procedimento que demanda mais mão de obra e matéria prima. Esta operação é executada num equipamento denominado enchedora no caso de garrafas e latas ou em máquinas de embarrilamento no caso de barris (VENTURINI FILHO, 2010).

3.2.10.1 Enchedora de garrafas e latas

Antes de serem cheias, as garrafas são lavadas e, no caso de garrafas retornáveis, é realizado uma limpeza com uma solução quente de soda cáustica e posterior enxaguamento com água esterilizada. As enchedoras são baseadas no princípio de carrossel rotatório. As garrafas são transportadas por esteiras e posicionadas sob os bicos de enchimento. Primeiramente, todo ar na garrafa é retirado por um sistema de vácuo, e após é aplicado uma contrapressão de CO₂, depois se inicia o processo de enchimento da garrafa. Depois de cheia as garrafas são lacradas com tampas metálicas e transportadas até o pasteurizador, caso ela seja pasteurizada posteriormente. O enchimento das latas segue o mesmo princípio que o da garrafa. As latas podem ser de alumínio ou de aço inoxidável e apresentam um verniz interno para proteger a cerveja da superfície metálica (VENTURINI FILHO, 2010).

3.2.10.2 Embarrilamento

Os barris são recipientes de 10, 15, 20, 25, 30, 50 ou 100 L de volume, normalmente fabricados de alumínio ou aço inoxidável com um tubo central que permite seu enchimento. No Brasil, normalmente eles são utilizados para acondicionar cerveja não pasteurizada, conhecida popularmente como “chope”. Na máquina de enchimento, primeiramente é feita uma lavagem interna, com uma aspersão de água em torno de 70°C, em alta pressão por 10 s. Após, o barril é aquecido com vapor, a cerca de 105°C durante 30 s.

Posteriormente, é injetado CO₂ para retirada do ar e em seguida é introduzida à cerveja (AQUARONE et al., 2001).

3.2.11 Pasteurização

A pasteurização tem por finalidade conferir estabilidade biológica à bebida, destruindo microrganismos que deterioram a cerveja. A cerveja apresenta características desfavoráveis para o desenvolvimento de microrganismos, porém, algumas espécies são capazes de se multiplicar na bebida, conferindo características indesejáveis. Por esse motivo, a maioria das cervejas é tratada, antes ou durante o engarrafamento, para eliminar quaisquer bactérias contaminantes (VENTURINI FILHO, 2010). Possuem dois tipos de pasteurização, são elas:

Pasteurização flash: Ela ocorre antes do engarrafamento da cerveja, ela circula por um trocador de calor de placas, por onde eleva rapidamente sua temperatura até 72°C. A cerveja é mantida durante 30 a 60 s, sendo em seguida resfriada e engarrafada (VENTURINI FILHO, 2010).

Pasteurização em túnel: Aqui a pasteurização é feita após o enchimento das garrafas. Os pasteurizadores em túnel são extensas câmaras de aquecimento por onde as garrafas ou latas são transportadas por quase uma hora. Eles operam com uma série de zonas de aquecimento por onde as garrafas ou latas são transportadas e são submetidas a um conjunto de aspersores de água até atingirem a temperatura de 60°C, onde é mantida por 20 min. Após, elas passam pelas zonas de resfriamento, onde são lançados jatos de água fria para diminuir a temperatura da cerveja (VENTURINI FILHO, 2010).

3.3 ESTABILIDADE DA CERVEJA

A estabilidade da cerveja esta diretamente ligada com a qualidade da cerveja. Se produzirmos uma cerveja instável, conseqüentemente ela não apresentará uma boa qualidade. Qualquer bem de consumo está ligado diretamente a total satisfação do consumidor ou cliente. Um dos principais fatores da estabilidade é garantir uma cerveja brilhante e límpida (ESSLINGER, 2009).

3.3.1 Estabilidade coloidal da cerveja – Turbidez

Durante a sua vida de prateleira, as garrafas ou latas de cerveja são expostas a condições extremas, por exemplo, a mudanças bruscas de temperatura. Proteínas dissolvidas são precipitadas por polifenóis (por exemplo, taninos), e geram a turbidez. Os polifenóis estão presentes na cevada e no lúpulo, e são extraídos durante o processo de produção do mosto, juntamente com proteínas da cevada (ESSLINGER, 2009).

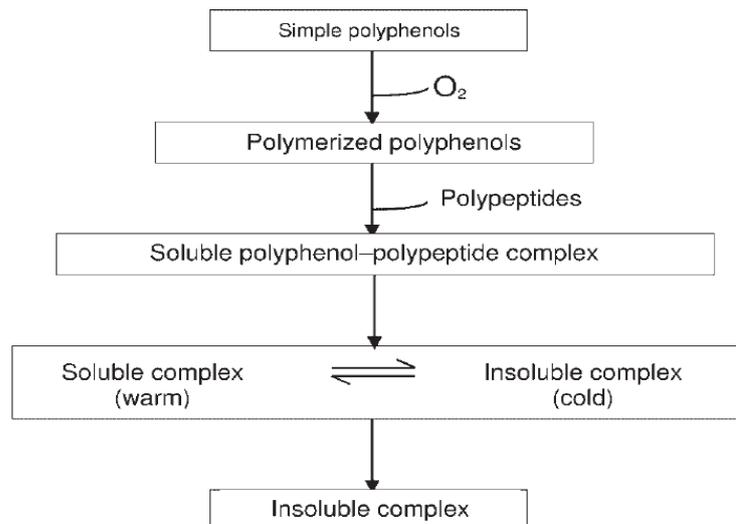
Na cerveja, existem dois tipos de turbidez:

Turbidez a frio: Aqui a cerveja apresenta turbidez quando ela é resfriada até 0°C ou abaixo, mais acaba desaparecendo se aquecida até 20°C (ESSLINGER, 2009).

Turbidez irreversível: Devido a um grande período de tempo com turbidez a frio, a turbidez acaba se tornando permanente (ESSLINGER, 2009).

A figura 2 apresenta o mecanismo de formação da turbidez na cerveja:

Figura 2 - Formação da turbidez na cerveja.



Fonte: ESSLINGER (2006).

3.3.2 Composição da turvação na cerveja

Segundo Bamforth (2006) a composição pode variar de uma escala larga, mas existem três grandes importantes grupos de polímeros:

- Polipeptídios;
- Polifenóis (taninos);
- Polissacarídeos.

Cada um destes três grupos poder ter uma quota de até 75% da turbidez, principalmente os complexos entre proteínas e taninos. Ainda, existem substâncias que influenciam este fenômeno, é o caso do cobre e do ferro, que acima de 0,5 ppm, catalisam a coagulação do complexo entre proteína e tanino (BAMFORTH, 2006).

3.3.5 Previsão da turbidez na cerveja

Segundo Bamforth (2006), existem dois tipos de métodos adotados pelas cervejarias para prever a turbidez:

- Realizar um armazenamento da cerveja em longo prazo (3 a 6 meses), mantendo a temperatura a qual ela estaria sujeita, caso estivesse sendo comercializada. Após, realizar a análise da turbidez.
- Acelerar a formação da turbidez, sob condições definidas de temperatura, para indicar o motivo da aparição da mesma.

A European Brewery Convention (EBC) recomenda medir o aumento da turbidez, no final de um período e temperatura definida. Um método de análise é resfriar uma quantidade de amostras a 0°C durante uma noite, e logo após realizar a análise da turbidez nesta temperatura (BAMFORTH, 2006).

3.3.5 Métodos para melhorar a estabilidade da cerveja

Durante a fervura do mosto, um pouco da proteína é removida no trub quente, mas o complexo proteína-polifenol não é removido devido a sua dissociação em torno de 80°C. Sendo assim, essas proteínas e polifenóis que sobrevivem na fervura, se encontram na cerveja e posteriormente irão causar turbidez (BAMFORTH, 2006).

Todas as cervejarias desejam aumentar a vida útil de suas cervejas, e por isso, adotam varias estratégias para alcançar este objetivo. Para isso, é necessária a remoção de proteínas, dos polifenóis ou a remoção de uma porção de cada. Este ultimo método é normalmente empregado quando algumas proteínas ou polifenóis são necessários para o caráter da cerveja. Para a remoção destes componentes, já existem vários agentes clarificantes no mercado, sendo os mais utilizados a sílica gel e o PVPP, que conferem uma maior estabilidade físico-química (BAMFORTH, 2006).

4 METODOLOGIA

Os experimentos a serem realizados teve por objetivos analisar dois agentes clarificantes, visando observar o melhor comportamento frente à formação do trub e frente à aparição da turbidez a frio. Também foi analisada a formação do trub e os possíveis ganhos em produtividade em escala real de produção, utilizando os dois agentes.

4.1 MATERIAIS E REAGENTES

4.1.1 Experimento 1

Para a realização do experimento para analisar o trub e a turbidez a frio foram necessários os seguintes materiais e reagentes:

- 9 L de mosto cervejeiro;
- Levedura de baixa fermentação;
- Agente clarificante A e agente clarificante B;
- Sacarômetro;
- Balança analítica Marte – Modelo AD1000;
- Micropipeta;
- 9 erlenmeyers de 500 mL;
- 9 Beckers de 1 L;
- Ácido peracético;
- Provetas, termômetro;
- Filme PVC, filme alumínio;
- Centrifuga de bancada Centribid – Modelo 80-2B;
- Tubos de ensaio de 15 mL;
- Refrigerador;
- Turbidímetro Hanna Instruments – Modelo C 124.

Algumas observações importantes para as realizações dos experimentos:

- O agente clarificante A se trata de um composto a base de PVPP e Kappa Carragena, e o agente clarificante B é uma sílica gel;

- O turbidímetro utilizado, quando ele detecta uma turbidez acima de 10 EBC, ele gera um valor sem escala decimal.

4.1.2 Experimento 2

Para o acompanhamento em escala real, os seguintes materiais e reagentes são necessários:

- Agentes clarificantes A e B;
- Balança analítica Marte – Modelo AD1000;
- Medidor de vazão magnético Emerson Process Management – Modelo 8732.

4.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.2.1 Procedimento experimento 1

Antes de iniciar o experimento, foram denominadas nomenclaturas para cada agente e sua respectiva concentração utilizada conforme indicação dos fabricantes. Para a amostra em branco, será utilizada a letra C para o seu reconhecimento. A tabela 5, mostrada a seguir retrata as nomenclaturas utilizadas nos experimentos:

Tabela 5 - Nomenclatura dos agentes e suas respectivas concentrações utilizadas no experimento.

Agente clarificante	Concentração	Agente clarificante	Concentração
A	(g/hL)	B	(mL/hL)
A1	10	B1	15
A2	15	B2	20
A3	20	B3	25
A4	25	B4	30

Fonte: Do autor (2016).

O experimento 1 consiste na verificação do trub e na turbidez a frio utilizando os dois agentes. Primeiramente, como o processo de fabricação de cerveja necessita-se de uma boa higienização, para anular qualquer tipo de contaminação bacteriana, foram limpos nove erlenmeyers que serão utilizados como fermentadores, e colocado uma solução de ácido

peracético em cada um deles para esterilização e sanitização dos mesmos. Aos 60 minutos de fervura, que é a hora que os fabricantes dos agentes clarificantes indicam para adicionar os mesmos, foram coletados 9 litros de mosto cervejeiro, sendo colocado 1 L de mosto em cada becker. Em quatro deles foi adicionado o agente clarificante A, variando a quantidade conforme a tabela 5. Do mesmo modo, em outros quatro, foi adicionado o agente clarificante B, variando a quantidade também conforme a tabela 5. O último foi deixado em branco, para ter um padrão, e poder realizar uma comparação ao final, sendo todos eles sempre identificados. Após a adição, deixou-se em repouso até a sedimentação do trub e transferiu-se em torno de 500 mL de mosto para cada erlenmeyer. O restante, foi colocado em provetas de 500 mL para analisar o volume de trub formado. Em uma bacia com água e gelo, colocaram-se os nove erlenmeyers dentro para realizar o resfriamento do mosto em torno de 20 °C, para adição do fermento. Então, foi adicionada certa quantidade de fermento, respeitando sempre uma relação de 12000000 células/mL, em cada fermentador, tampado a parte superior de cada um, deixando apenas um pequeno orifício para liberação do CO₂ gerado na fermentação como mostra a figura 3. A fermentação foi controlada em uma temperatura de 20°C durando aproximadamente 7 dias.

Figura 3 - Fermentadores.



Fonte: Do autor (2016).

Ao final da fermentação, foram tampados por completo os fermentadores, e colocados em um refrigerador para dar início a maturação. Foi deixado a uma temperatura de

1°C por um período de tempo de 7 dias. Agora não denominado mais de mosto e sim de cerveja, foi retirado do refrigerador e para cada erlenmeyer foi coletado 15 mL de cerveja e analisado a turbidez. Em seguida esses 15 mL de cerveja foram colocados em tubos de ensaio para serem submetidos à centrifugação com uma rotação de 2000 rpm e por um período de tempo de 5 min, para remoção de pequenas partículas de fermento que estavam em suspensão.

Após à centrifugação, foi transferido essa pequena quantidade de cerveja para outros tubos de ensaios, e medido a turbidez da mesma. Então feito à medição, foi retornado essas amostras nos tubos para o refrigerador a uma temperatura em torno de -2°C. Após um dia, foi novamente analisado a turbidez e verificado se as amostras com os diferentes agentes clarificantes sofreram turbidez a frio ou não. Repetiu-se este experimento por 3 vezes.

4.2.2 Procedimento experimento 2

O experimento 2 consiste na visualização da formação do trub em escala real de produção e obtenção de algum ganho produtivo no processo. Como a empresa em questão já havia adquirido os dois agentes clarificantes e já utilizava os mesmos, adicionando a quantidade máxima que cada fabricante indica utilizar, as análises foram feitas com essas quantidades utilizadas. O agente clarificante A atendendo uma relação de 25 g/hL e o agente clarificante B com a relação de 30 mL/hL.

Foi pego para analisar um lote de um tanque de volume nominal de 20000 L. Como a brasagem tem uma capacidade de produção de volume nominal de 2500 L por batelada, são necessárias 8 para completar este lote. Em três dessas produções foi adicionado o agente clarificante A e em outras 3 o agente clarificante B. As outras duas restantes foi produzida utilizando também o agente clarificante A, mais estas não foram analisadas. Ao final da fervura todo o mosto que se encontra no tanque de fervura é bombeado para outro tanque onde é feito o whirlpool, para realizar a sedimentação do trub. Aqui ele fica em repouso por cerca de 20 minutos e então o mosto é novamente bombeado para o tanque de fermentação. Antes de entrar no tanque, o mosto passa por trocadores de calor por placas para o seu resfriamento. Após o resfriamento, o trub fica concentrado no fundo do tanque do whirlpool e então é feita a análise visualmente do trub formado.

Para analisar se houve algum ganho no processo, foi acoplado na linha de resfriamento/tanque de fermentação, um medidor de vazão como mostra a figura 4 para averiguar o ganho produtivo.

Figura 4 - Medidor de vazão acoplado a linha de enchimento do tanque.



Fonte: Do autor (2016).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE DE DADOS EXPERIMENTO 1

5.1.1 Formação do trub

Primeiramente, seguindo a metodologia proposta, observou-se a formação do trub com a adição dos dois agentes clarificantes. Os seguintes volumes de trub para cada agente e sua respectiva dosagem são mostrados a seguir:

Tabela 6 - Volumes de trub para cada amostra.

Amostras	Volume de trub (mL)			Média	Desvio padrão
	1ª análise	2ª análise	3ª análise		
A1	80	85	80	81,7	2,9
A2	75	75	80	76,7	2,9
A3	70	70	65	68,3	2,9
A4	70	65	60	65,0	5,0
B1	100	95	105	100,0	5,0
B2	85	95	85	88,3	5,8
B3	75	75	80	76,7	2,9
B4	70	70	65	68,3	2,9
C	60	60	70	63,3	5,8

Fonte: Do autor (2016).

Poderíamos aplicar o teste T-student para verificar, entre as amostras do produto A e B, se há diferença e significativa. Porém, mesmo sem a análise de significância, ao adicionar o desvio à média, os valores ficam fora do intervalo de análise, quando relacionado ao desvio padrão.

Analisando somente os volumes obtidos, não se pode afirmar concretamente qual agente se comporta melhor, assim uma análise visual nos esclarece melhor esses volumes. A figura 5 nos mostra a primeira realização do experimento 1:

Figura 5 - Análise do volume de trub formado nas amostras.



(a) Amostras A1, A1 e A3;

(b) Amostras A4, B1, B2;

(c) Amostras B3, B4 e C;

Fonte: Do autor (2016).

Com base na tabela 6 e na visualização destes volumes, pode-se afirmar que o agente clarificante A obteve melhor desempenho nesta questão. As amostras A1 a A4 mostraram uma diminuição conforme aumentou-se a dosagem. Visualmente, o trub se tornou muito mais compacto nestas amostras, principalmente na amostra A4, onde não apresentou muitas partículas em suspensão, quando comparado com as outras amostras do mesmo agente, que apresentaram uma compactação menor e mais partículas em suspensão. Observando as amostras do agente clarificante B, nota-se que apresentaram volumes maiores de trub, mais não teve uma boa compactação, o que em escala real se tornaria uma perda significativa de cerveja. A amostra C que seria referente à amostra em branco, foi a que teve menor volume de trub, mais teve muitas partículas em suspensão.

5.1.2 Turbidez a frio

Após o período da fermentação e da maturação, notou-se que durante o processo de maturação os agentes ainda continuaram agindo nas amostras. Sendo assim foi medida a turbidez antes de passar pela centrifuga, conforme a tabela7:

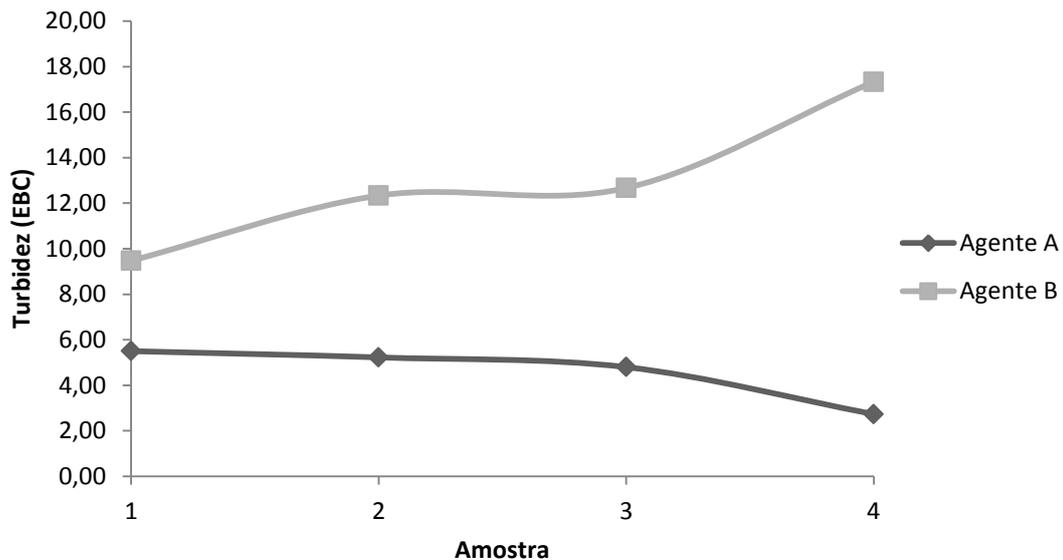
Tabela 7 - Turbidez das amostras ao final da maturação.

Amostras	Turbidez (EBC)			Média	Desvio padrão
	1ª análise	2ª análise	3ª análise		
A1	5,58	5,11	5,81	5,50	0,36
A2	5,54	5,23	4,90	5,22	0,32
A3	4,98	4,77	4,64	4,80	0,17
A4	2,59	3,13	2,47	2,73	0,35
B1	9,32	9,10	10,00	9,47	0,47
B2	13,00	12,00	12,00	12,33	0,58
B3	13,00	13,00	12,00	12,67	0,58
B4	19,00	15,00	18,00	17,33	2,08
C	10,00	11,00	14,00	11,67	2,08

Fonte: Do autor (2016).

A partir dos valores encontrados na tabela 7, foi possível a construção de um gráfico para analisar detalhadamente o comportamento da turbidez em relação aos diferentes agentes clarificantes.

Figura 6 - Comportamento da turbidez ao final da maturação.



Fonte: Do autor (2016).

Analisando os valores encontrados e o gráfico da figura 6, pode-se notar que as amostras A1 até A4, conforme aumentou-se a dosagem, a turbidez diminuiu. Isto nos leva a perceber que o agente A possui uma boa atração com as partículas de fermento em suspensão, facilitando a sua sedimentação, e assim tornando a cerveja mais clarificada. Agora analisando as amostras B1 até a B4, nota-se um comportamento diferente. A partir do aumento da dosagem, a turbidez também aumentou. Assim, podem-se tirar duas hipóteses, uma de que ele interfere negativamente em relação à sedimentação do fermento, ou este agente ao ser adicionado reagiu com outros componentes presentes na cerveja tornando este novo composto insolúvel. Como este não foi o intuito do trabalho, não foi dada ênfase neste aspecto, mais futuramente poderá ser analisado mais detalhadamente em outro trabalho futuro. Como pode ser visto na tabela 7 amostra C, também apresentou uma alta turbidez, predominantemente a ausência de algum agente que auxilie a sedimentação das partículas em suspensão, mas em comparação com as amostras do agente B, a amostra C obteve valores de turbidez inferior a certas amostras deste agente, o que é um forte indicio das suposições comentadas anteriormente sobre o agente B.

Após, todas as amostras foram centrifugadas para remoção das partículas que ainda estavam em suspensão, e novamente foi medida a turbidez como mostra a tabela 8:

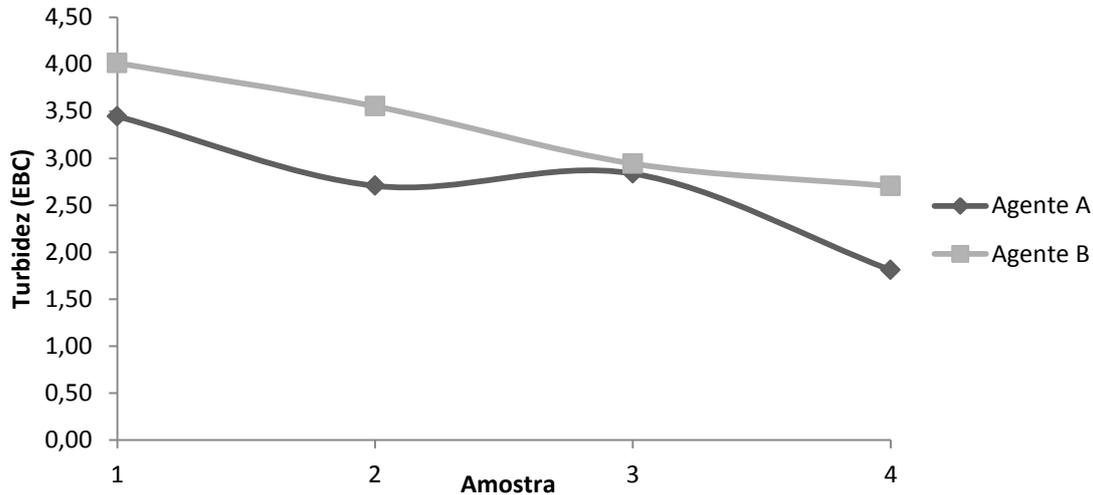
Tabela 8 - Turbidez das amostras após a centrifugação.

Amostras	Turbidez (EBC)			Média	Desvio padrão
	1ª análise	2ª análise	3ª análise		
A1	3,20	3,04	4,10	3,45	0,57
A2	2,20	2,80	3,12	2,71	0,47
A3	2,97	2,76	2,78	2,84	0,12
A4	1,37	2,07	1,99	1,81	0,38
B1	4,22	3,82	4,00	4,01	0,20
B2	3,05	3,66	3,95	3,55	0,46
B3	2,77	2,86	3,20	2,94	0,23
B4	2,45	2,51	3,15	2,70	0,39
C	3,47	3,73	3,22	3,47	0,26

Fonte: Do autor (2016).

A partir dos dados coletados após a centrifugação, novamente foi construído um gráfico do comportamento da turbidez.

Figura 7 - Comportamento da turbidez após a centrifugação.



Fonte: Do autor (2016).

Como era de se esperar, todas as amostras após serem submetidas à centrifugação obtiveram uma redução na turbidez. Analisando a tabela 8 e o gráfico da figura 7, as amostras referentes ao agente clarificante A, manteve o mesmo comportamento, com a amostra A4 sendo a que teve o menor valor de turbidez encontrado. As amostras referentes ao agente B tiveram um comportamento contrario como anteriormente, à medida que foi aumentando a dosagem, agora, a turbidez foi diminuindo, ou seja, toda aquelas partículas que se encontravam em suspensão e deixavam as amostras mais turvas conforme ia aumentando a dosagem, foram removidas. Os dois agentes apresentaram agora um comportamento semelhante, à medida que aumentava a dosagem, a turbidez diminuía, mas fica evidenciado que o agente clarificante A é mais eficaz, pois os valores de turbidez encontrados são menores comparados ao agente clarificante B. Também se pode observar agora, que a amostra C é que teve maior valor de turbidez, ficando claro que os dois agentes auxiliam no processo de sedimentação das partículas em suspensão, auxiliando na clarificação da cerveja.

Posteriormente, foi medida a turbidez novamente das amostras, depois de serem submetidas à centrífuga e colocadas no refrigerador a uma temperatura de -2°C e por um período de tempo de um dia. Os valores encontrados seguem abaixo na tabela 9:

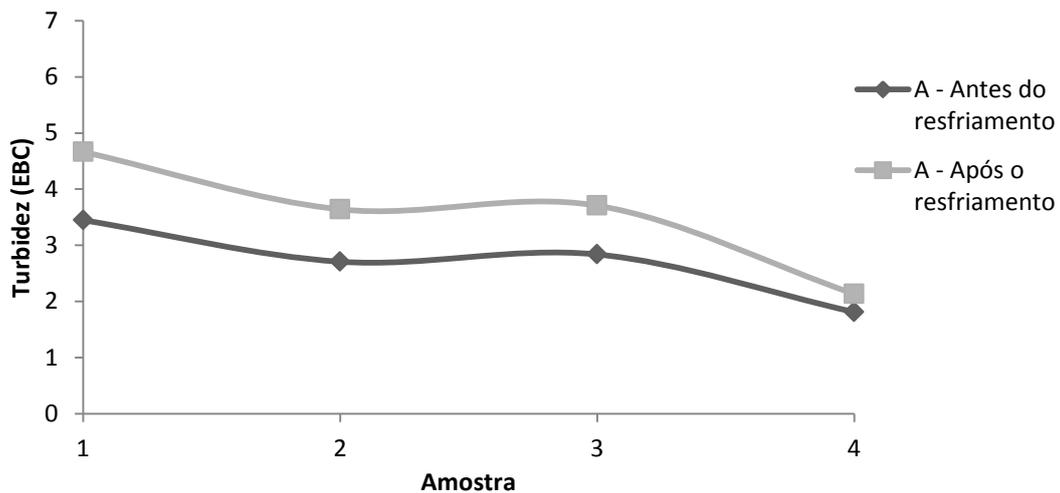
Tabela 9 - Turbidez das amostras após um dia a uma temperatura de -2°C.

Amostras	Turbidez (EBC)			Média	Desvio padrão
	1ª análise	2ª análise	3ª análise		
A1	4,60	4,20	5,19	4,66	0,50
A2	3,04	4,16	3,72	3,64	0,56
A3	3,99	3,88	3,25	3,71	0,40
A4	1,61	2,60	2,19	2,13	0,50
B1	6,14	6,02	5,70	5,95	0,23
B2	4,97	5,07	5,45	5,16	0,25
B3	4,80	4,47	5,40	4,89	0,47
B4	4,71	4,20	4,95	4,62	0,38
C	5,77	6,21	5,33	5,77	0,44

Fonte: Do autor (2016).

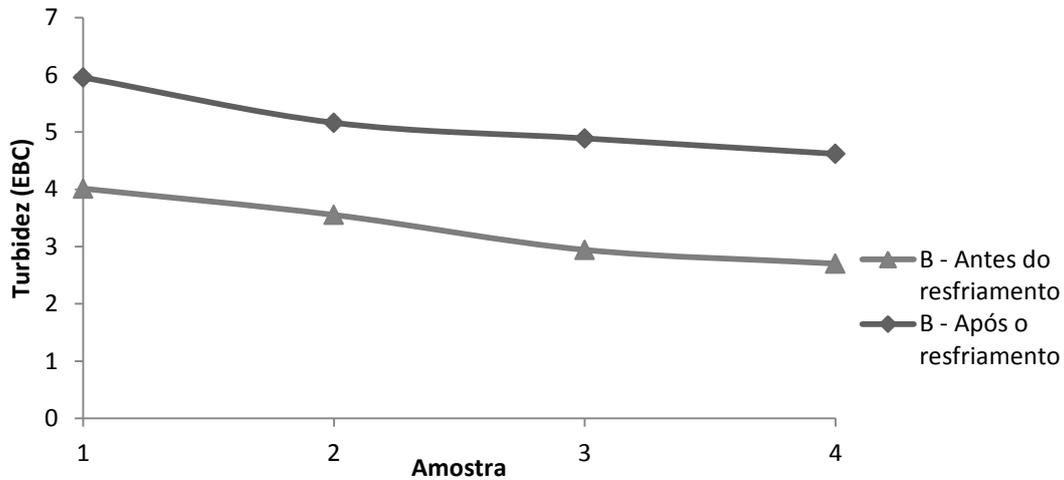
De posse dos valores encontrados, foi feito a construção de dois gráficos, um com os valores do agente clarificante A e outro do agente clarificante B, ambos apresentando a comparação da turbidez antes e depois do resfriamento.

Figura 8 - Comparação da turbidez do agente clarificante A antes e depois do resfriamento.



Fonte: Do autor (2016).

Figura 9 - Comparação da turbidez do agente clarificante B antes e depois do resfriamento.

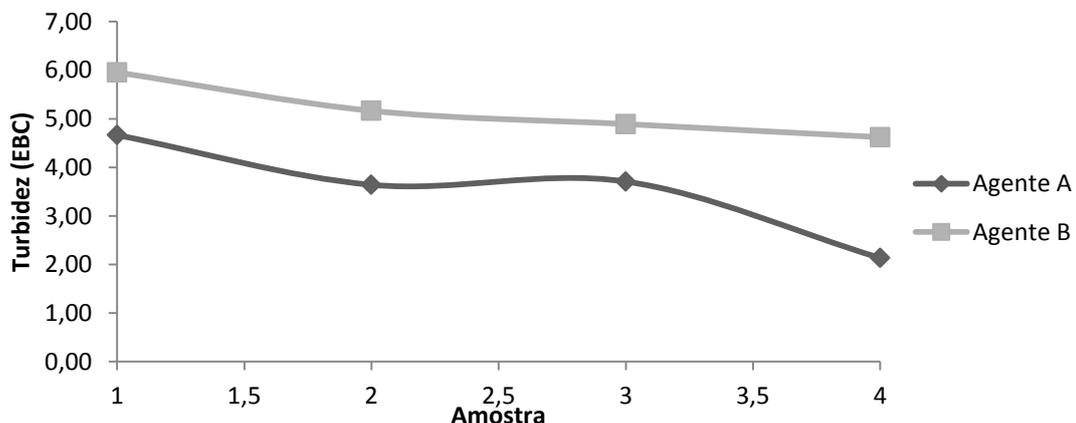


Fonte: Do autor (2016).

Observando o comportamento da turbidez no gráfico da figura 8, pode-se notar que todas as amostras apresentaram uma elevação nos valores da turbidez. A amostra que teve uma menor variação foi a A4 referente à maior adição do agente A utilizado, as demais, apresentaram uma variação aproximadamente constante. Analisando agora o comportamento da turbidez no gráfico da figura 9, também pode-se notar que as amostras sofreram um acréscimo nos valores da turbidez após serem resfriadas. Ao contrário do agente A, o comportamento da turbidez com o agente B teve variações maiores, sem ter nenhuma amostra com uma pequena variação.

Para uma melhor comparação entre os agentes, a figura 10 a seguir, nos mostra o comportamento da turbidez dos dois agentes após o resfriamento:

Figura 10 - Comportamento da turbidez após o tempo de um dia a uma temperatura de -2°C .



Fonte: Do autor (2016)

Com a figura 10, fica nítido que o melhor agente clarificante a ser utilizado para minimizar a turbidez a frio é o A, pois teve valores de turbidez menores que o agente B depois de todo o processo realizado.

Analisando de uma maneira geral, o agente A desde o principio apresentou melhores resultados, tendo em vista que apresentou uma melhor formação do trub, e em todas as análises de turbidez, apresentou sempre valores menores, evidenciando ser bem mais ativo para a clarificação da cerveja. Assim, a melhor dosagem do agente A encontrada para utilização é referente à amostra A4 obedecendo a uma adição de agente de 25 g/hL.

5.2 ANÁLISE DE DADOS EXPERIMENTO 2

Seguindo a metodologia, a tabela 10 a seguir mostra os volumes de mosto medidos para cada agente clarificante:

Tabela 10 - Comparação de volumes de mosto obtidos com os diferentes agentes clarificantes.

	Volume inicial	Volume final	
	(L)	(L)	Porcentagem de perda (%)
Agente clarificante A	2830	2650	6,4
	2820	2600	7,8
	2800	2600	7,1
Agente clarificante B	2800	2570	8,2
	2790	2550	8,6
	2860	2620	8,4

Fonte: Do autor (2016).

O volume inicial tratado na tabela 10 é referente ao volume obtido ao final da fervura, e o volume final seria o encontrado no medidor de vazão acoplado na linha de enchimento do tanque. Como os volumes iniciais variam conforme a intensidade da fervura e do ajuste do extrato, foi calculada a porcentagem de perda para ter uma melhor análise dos resultados obtidos.

Após o resfriamento, pode-se observar o trub formando no whirlpool para os diferentes agentes adicionados, como mostra as figuras 11 e 12:

Figura 11 - Trub formado a partir do agente A.



Fonte: Do autor (2016).

Figura 12 - Trub formado a partir do agente B.



Fonte: Do autor (2016).

A partir da análise feita no experimento 1, o agente clarificante A teve uma melhor formação do trub e conseqüentemente um ganho produtivo em relação ao agente clarificante B. Analisando as porcentagens de perda obtidas, o agente A teve menores valores encontrados comparados com o B. A maior diferença encontrada foi de 2,4% e a menor de 0,8%. São valores pequenos, que se tratando de produções em grande escala, se tornam valores altos de ganho de produção.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo sobre a produção de cerveja com o uso de dois agentes clarificantes permitiu realizar observações sobre a influência destes agentes no processo. O estudo possibilitou utilizar diferentes agentes clarificantes e acompanhar seus desempenhos no processo de produção.

De um modo geral, a realização dos experimentos possibilitou ter resultados satisfatórios. Durante a realização do experimento 1, foi possível observar claramente uma melhor formação do trub com a utilização dos agentes clarificantes comparado com a amostra em branco, sendo o agente clarificante A, apresentando melhores resultados. Dando continuidade, ao longo das análises de turbidez realizadas, fica evidenciado que o agente clarificante A tem melhor ação do que B, pois gerou valores de turbidez menores, obtendo assim uma cerveja mais clarificada após o resfriamento e foi o que melhor reduziu a formação da turbidez a frio. Com esses dados, foi possível encontrar a quantidade ideal para adição do agente clarificante A, sendo a dosagem obedecendo a relação de 25 g/hL.

Com o experimento 2, foi visto que o agente clarificante A, agora em escala real de produção, teve uma melhor formação do trub, e conseqüentemente obteve ganhos de produto ao final do processo. Diante a realização dos experimentos, todos os objetivos propostos foram alcançados.

Dada à importância do tema, pode se desenvolver novas pesquisas para o estudo destes agentes, visto que, o agente clarificante B teve um comportamento da turbidez contrário como o previsto ao final da maturação, que devido ao pouco tempo, não pode ser analisado.

Nesse sentido, a utilização de agentes clarificantes no processo de produção de cerveja permite avaliar varias variáveis no processo, auxiliando de maneira positiva a melhora no desenvolvimento do processo de produção e no produto final.

REFERÊNCIAS

- AQUARONE, E. et al. **Biotecnologia industrial**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. Vol. 5.
- BAMFORTH, C. W.. **Brewing: New technologies**. Boca Raton, USA: CRC press, 2006.
- 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.
- CURSO de tecnologia e prática cervejeira – Módulo 1. Florianópolis, 2013.
- CURSO de tecnologia e prática cervejeira – Módulo 2. Florianópolis, 2013.
- ESSLINGER, Hans Michael. **Handbook of brewing: Processes, Technology e Markets**. Weinheim: WILEY-VCH, 2009.
- VANINI, Eduardo. Mercado cervejeiro movimenta R\$74 bilhões no Brasil, 2016. Disponível em: < <http://www.oglobo.globo.com/economia/mercado-cervejeiro-movimenta-74-bilhoes-no-brasil-18950844>>. Acesso em: 08 de set. 2016.
- 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.