

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**BRUNO FURLANETO**

**ESTUDO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL  
UTILIZANDO SEIS SIGMA**

**TAUBATÉ**

**2017**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**BRUNO FURLANETO**

**ESTUDO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL  
UTILIZANDO SEIS SIGMA**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização pelo Curso de Pós-graduação em Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma – Green Belt do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, Área de Concentração: Engenharia da Qualidade, Orientador: Álvaro Azevedo Cardoso, PhD.

**TAUBATÉ**

**2017**



Dedico este trabalho ao meu pai Mario Furlaneto que está vivendo eternamente. Pois, se hoje estou concluindo o curso devo a você PAI, por me ensinar a gostar de exatas, por me mostrar o caminho certo, o caminho da honestidade, sabedoria e sempre me incentivar a buscar meus sonhos

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos aqueles que colaboraram ao longo deste caminho repleto de obstáculos e desafios, principalmente a minha mãe Cacilda Furlaneto, minha esposa Naiara Furlaneto, meus colegas de trabalho (brasagem) Lucas, Sr. Jairo e Danilo e aos meus amigos da graduação, que souberam ter paciência e ensinar-me da melhor maneira possível.

Obrigado a todos por compreender os meus momentos de ausência e a todas as pessoas que me incentivaram e me ajudaram na concretização desta vitória em minha vida.

Finalmente agradeço a DEUS “Meu mestre” por estar comigo todo o tempo, nas dificuldades, nas conquistas, por me dar calma, honestidade, humildade e acima de tudo não me deixar desistir nunca dos meus sonhos.

## RESUMO

O objetivo do trabalho é fazer um estudo do processo de fabricação de cerveja artesanal utilizando seis sigma.

Os resultados foram obtidos utilizando a implementação da metodologia DMAIC, utilizando as ferramentas da qualidade tais como: Diagrama de causa, matriz de causa e Pareto das prováveis causas. Foi utilizado também técnicas conhecidas de aprimoramento nas etapas de mosturação, fervura, fermentação, maturação e carbonatação.

A metodologia do projeto será desenvolvida mapeando todo o processo de fabricação de cerveja artesanal analisando os dados de densidade, temperatura e litros finais que serão retirados das 5 últimas receitas de cervejas realizadas.

A aplicação do DMAIC na fase de definir mostrou que as etapas do processo de fabricação gera desperdício de matéria-prima, como água, lúpulo e malte. E alguns erros afetam diretamente no sabor, aroma e aspectos visuais (cor) da cerveja.

Durante o mapeamento do processo foi possível verificar a perda de eficiência nos quesitos de densidade, temperatura e litros finais.

Após a análise do mapeamento foi utilizado as ferramentas Diagrama de causa e efeito, Matriz de causa e efeito e o Pareto para encontrar as possíveis causas que contribui com a baixa eficiência e maior consumo de insumos.

A eficiência média do processo de fabricação de cerveja artesanal era de 57,2% e com as melhorias e ações implementadas ficou com 77,6%.

Concluo que houve um ganho de 20,4% na eficiência média do projeto, onde o resultado encontrado em duas receitas realizadas após a implementação das ações corretivas foi de 77,6% e 76,2%. Outro ganho obtido foi a economia de insumos de aproximadamente 17% por receita. Onde os maiores ganhos estão na quantidade de malte e água.

**Palavras Chaves:** Cerveja, Processo de fabricação, Lean seis sigma, Ferramentas da Qualidade, Eficácia e Eficiência.

## ABSTRACT

The objective of the work is to make a study of the brewing process using six sigma. The results were obtained using the DMAIC methodology, using the quality tools such as: Cause diagram, cause matrix and Pareto of the probable causes. Also known techniques of improvement were used in the stages of blast, boil, fermentation, maturation and carbonation. The methodology of the project will be developed mapping the entire the brewing process analyzing the data of density, temperature and final liters that will be taken from the last 5 beer recipes. Application of the DMAIC in the set-up phase showed that the steps in the manufacturing process generate waste of raw material such as water, hops and malt. And some mistakes that directly affecting taste, aroma and visual aspects and color. During the process mapping it was possible to verify the loss of efficiency in the density, temperature and final litter requirements in several manufacturing stages. After the mapping analysis, the Cause and Effect Diagram, Cause and Effect Matrix and Pareto tools were used to find the possible causes that contributed to the low efficiency. The total efficiency of the brewing process was 57,2% and with the improvements and actions implemented was 77.6%. I conclude that there was a gain of 20,4% in the total efficiency of the project, where the result found in two revenues realized after the implementation of the corrective actions was 77.6% and 76.2%. Another gain was the input savings of approximately 17% per revenue. Where the biggest gains are in the amount of malt and water.

**Key Words:** Beer, Lean Six Sigma, Quality Tools, Effectiveness and efficiency.

## Sumário

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 10 |
| 1.1. Justificativa.....   | 10 |
| 1.2 Objetivo .....  | 10 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....   | 12 |
| 2.1 Cerveja.....  | 12 |
| 2.1.1 Insumos .....   | 17 |
| 2.1.1.1 Malte .....   | 17 |
| 2.1.1.2 Lúpulo.....   | 22 |
| 2.1.1.3 Leveduras.....  | 26 |
| 2.1.1.4 Água.....   | 31 |
| 2.2 Processo de Fabricação.....   | 35 |
| 2.2.1 Moagem.....   | 35 |
| 2.2.2 Mosturação.....   | 36 |
| 2.2.3 Recirculação.....   | 39 |
| 2.2.4 Lavagem.....  | 39 |
| 2.2.5 Fervura.....  | 40 |
| 2.2.6 Resfriamento.....   | 42 |
| 2.2.7 Fermentação.....  | 44 |
| 2.2.8 Maturação.....  | 47 |
| 2.2.9 Primming.....   | 48 |
| 2.2.10 Engarrafamento.....  | 49 |
| 2.2.11 Sanitização.....   | 50 |
| 2.2.12 Equipamentos para execução da fabricação de cerveja artesanal..... | 51 |
| 2.2.13 Método Stephanou de classificação e avaliação de cerveja.....      | 60 |



|   |    |
|---|----|
| 2.2.13.1. Avaliação Stephanou.....      | 61 |
| 2.3 Lean Seis Sigma.....                | 63 |
| 2.3.1 Mapeamento do fluxo de valor..... | 63 |
| 2.4 Ferramentas da Qualidade.....       | 65 |
| 2.4.1 Diagrama de Pareto.....           | 65 |
| 2.4.2 Diagrama de Causa e Efeito.....   | 65 |
| 2.5 Eficiência e Eficácia.....          | 67 |
| 3. METODOLOGIA.....                     | 68 |
| 4.RESULTADO.....                        | 69 |
| 4.1 Implementação .....                 | 77 |
| 4.2 Resultado da implementação:.....    | 82 |
| 4.3 Controle do Processo.....           | 85 |
| 4.4 Revisão da literatura .....         | 85 |
| 4.5 Proposição .....                    | 87 |
| 4.6 Discussão.....                      | 87 |
| 5. CONCLUSÃO.....                       | 89 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....      | 90 |

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Justificativa**

Porque fabricar cerveja artesanal sendo que existem hoje todos os tipos e variedades de cervejas em supermercados e lojas especializadas? Bom esta é a pergunta que todos fazem para mim quando falo que faço cerveja.

A justificativa é simples! Tudo na vida em que você faz é único, do seu jeito e é por este motivo que comecei a fazer cerveja, pois além de gostar muito, gostaria de experimentar algo diferente, de coisas que gosto como, por exemplo, cerveja com mel fresco extraído no mesmo dia.

### **1.2 Objetivo**

O objetivo do trabalho é fazer um estudo do processo de fabricação de cerveja artesanal utilizando seis sigma através de implementação de técnicas conhecidas de aprimoramento e padronização nas etapas de mosturação, fervura, fermentação, maturação e carbonatação. O estudo de caso deste trabalho é desenvolvido em casa, onde elaboro as receitas, planejamento da execução de fabricação e monitoramento da cerveja ao longo de sua criação.

Como o assunto exige um conhecimento básico de fabricação e dos ingredientes que compõe a cerveja, será descrito a importância e a contribuição de cada processo e dos ingredientes básicos para a elaboração da cerveja.

Na etapa de metodologia vou mostrar todo o estudo realizado e o passo a passo do desenvolvimento das melhorias aplicadas e lições aprendidas no ganho de eficiência e economia de insumos na fabricação de cerveja artesanal.

Todos os passos do desenvolvimento estão claramente detalhados com figuras que facilitam o entendimento dos métodos realizado.

A estrutura do trabalho está montada em seis capítulos, a saber. O primeiro capítulo mostra a introdução, justificativa e o objetivo. O segundo capítulo mostra toda a parte literária necessária para a condução do trabalho. O terceiro capítulo descreve o desenvolvimento do estudo de aumento da eficiência e economia de insumos no processo de fabricação de cerveja artesanal com a comparação ao método utilizado anteriormente, enfatizando os aspectos importantes considerados no estudo. O quarto capítulo apresenta os resultados e análises de todo o desenvolvimento. O quinto capítulo apresenta a conclusão a que se chegou sobre os resultados alcançados e a potencial oportunidade de melhoria e implementação do método. Por fim, o sexto capítulo apresenta sua bibliografia utilizada como base.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cerveja

Ao tomar uma cerveja é difícil imaginar como e onde ela foi criada.

De acordo com (HUGHES, 2013) que mostra essa breve história em pequenos resumos um tipo de time-line. A produção de cerveja tem uma história longa e fascinante, que remonta a milhares de anos – das antigas planícies da mesopotâmia atual tendência mundial e caseira. 7000 a.c – Caçadores-coletores nômades da mesopotâmia (atual Iraque) cultivavam e colhiam uma espécie primitiva de cereal, que pode ter sido utilizado um tipo preliminar de cerveja.

Fragmentos de cerveja descobertos em um vilarejo neolítico no sitio de Jiahu, na China, contem vestígios de ingredientes encontrados em bebidas alcoólicas.

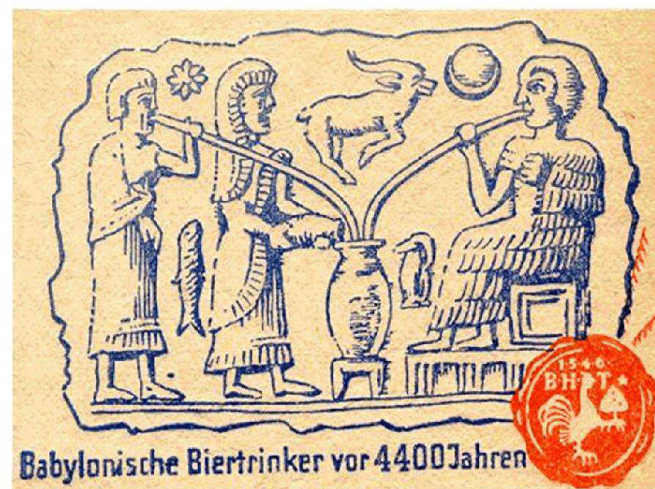


Figura 1 – Representação do povo da Mesopotâmia tomando cerveja.

Fonte: Bode, 2010

4300 a.c – Tabuas de argilas babilônicas apresentam detalhes da receita de uma bebida alcoólica feita com cereais.

822 – Abbot Adalhart, do mosteiro beneditino de Carbie, no norte da França, cria um conjunto de regras para a administração do mosteiro, entre as quais a colheita de lúpulo suficiente para produzir cerveja – a primeira ligação documentada entre lúpulo e cerveja.



Figura 2 – Lúpulo.

Fonte: Bode, 2010

1040 – A primeira cervejaria comercial é fundada na abadia de Weihenstephan, na Baviera, onde a produção de cerveja toma um empreendimento comercial criado pelos monges. Por toda a Europa ao longo da idade média, a cerveja passa a ser uma das bebidas mais populares. Por ser fervida antes da fermentação, é fonte segura de hidratação numa época em que a água disponível não era confiável. Além disso, seu teor calórico a torna um importante composto de nutrição.



Figura 3 - Abadia de Weihenstephan, na Baviera.

Fonte: Bode, 2010

1100-1200 – O cultivo comercial do lúpulo começa no norte da Alemanha, seguido da exportação de cerveja lupulada.

1412 – Primeiro registro de cerveja produzida com lúpulo na Inglaterra.

1516 – A lei da pureza da cerveja, ou “Reinheitsgebot”, é criada na Baviera. Determina que cevada, lúpulo e água pura são os únicos ingredientes permitidos na fabricação de cerveja. Só se estendeu ao restante da Alemanha em 1906.



Figura 4 - A lei da pureza da cerveja.

Fonte: Bode, 2010

1587 – Colonizadores se estabelecem na Virginia. A América do Norte produz seus primeiros lotes de cerveja (embora recorra a Inglaterra em busca de mais).

1710 – O uso de outros agentes além do lúpulo para dar amargor a cerveja é proibido pelo Parlamento na Inglaterra, para garantir retorno pecuniário pela taxaço da planta. Por isso, o lúpulo se torna o principal ingrediente responsável por essa característica da bebida no mundo ocidental.

1810 – É realizado um festival para celebrar o casamento de Luis I da Baviera em Munique, na Alemanha. Foi a origem do famoso festival de cerveja Oktoberfest.



Figura 5 – Oktoberfest.  
Fonte: Bode, 2010

1842 – A primeira Lager dourada é produzida em Pilsen, na região da Boêmia. É um tipo popular de cerveja fabricada no mundo inteiro atualmente.



Figura 6 – 1ª Cerveja Pilsen.  
Fonte: Bode, 2010

1857 – O químico francês Louis Pasteur descobre que a levedura é responsável pela fermentação alcoólica. Esse avanço permite o controle da fermentação, o que resulta em cervejas de melhor qualidade.

1919 – A 18ª Emenda à Constituição dos EUA estabelece o início da lei seca, que proíbe a venda, a produção e o transporte de bebidas alcoólicas – incluindo a cerveja caseira.

1950 – Durante as férias de verão no Reino Unido, cerca de 10 mil pessoas saem de Londres para os campos de Kent a fim de colher lúpulo para a cervejarias locais.

1963 – O político britânico Reggie Maudling suspende a taxaçoão sobre a produçoão caseira de cerveja e a exigência de licença. Assim, a atividade ganha impulso e popularidade na década de 1970.

1971 – Os jornalistas ingleses Michael Hardman, Graham Lees, Bill Mellor e Jim MakiN planejam criar uma associaçoão de apreciadores de cerveja, origem da Campaign for Real Ale (Camra).



Figura 7 – Associaçoão de apreciadores de cerveja Camra.  
Fonte: Bode, 2010

1979 – Aproveitando uma brecha durante a suspensáo de Lei Seca nos EUA, em 1933, a produçoão de cerveja caseira é legalizada graças a lei Craston Bill.

1990 até hoje – O mundo da cerveja caseira começa a expandir, com oferta de grande variedade de kits e ingredientes. Há um renascimento do interesse pela cerveja artesanal. A Muntons, sediada no Reino Unido, vendeu mais de 500 mil kits em 2012, o dobro do resultado em 2007.



Figura 8 – Cervejas artesanais.  
Fonte: Bode, 2010



## 2.1.1 Insumos

### 2.1.1.1 Malte
















Figura 9 – Malte de cevada.

Fonte: Bode, 2010

Segundo (Perozzi e Beaune, 2012) na explicação mais simples, maltes são grãos de cereais (geralmente cevada) que passaram pelo processo de maltagem. No decorrer desse processo, o grão é infundido em água para geminar e brotar e depois é secada para que o processo de germinação seja interrompido. Isso faz com que o amido existente na semente se torne um açúcar fermentável. Em seguida, o grão passa pelo Kilning, é torrado, defumado, assado e assim por diante, em vários graus e em todos os tons possíveis de dourado e marrom – do claro, o malte biscuit bege, até do mais escura, o black patente. Os sabores proporcionados pelos diversos tipos de malte dependem de muitos fatores: o tempo de torragem; a temperatura do kilning. Os maltes são infundidos e/ ou fervidos durante o processo para que se extraiam açúcares fermentáveis, sabor e cor dos grãos.

Qual é a contribuição do malte para a cerveja?

### Classificação SRM

| Cor                 | Exemplo de Estilo                    | SRM   |   |
|---------------------|--------------------------------------|-------|---|
| Água                | -                                    | 0     |  |
| Amarelo-palha       | Lite American Lager, Berliner Weisse | 2-3   |  |
| Amarelo             | Geniale Pilsener                     | 3-4   |  |
| Dourado             | Dortmunder Export                    | 5-6   |  |
| Âmbar               | Malbock / Helles Bock                | 6-9   |  |
| Cobre-clara         | California Common Beer               | 10-14 |  |
| Cobre               | Düsseldorf Altbier, Roggenbier       | 14-17 |  |
| Marrom-clara        | Roggenbier                           | 17-18 |  |
| Marrom              | Southern English Brown Ale           | 19-22 |  |
| Marrom-escura       | Rubier Porter, Oatmeal Stout         | 22-30 |  |
| Marrom muito escura | Sweet Stout                          | 30-35 |  |
| Preto               | Foreign Extra Stout                  | 35+   |  |
| Preto opaco         | Russian Imperial Stout               | 40+   |  |

Fonte: BJCP Guidelines 2008

Figura 10 – Tabela de classificação de cor.

Fonte: Bode, 2010

- Cor: o grão em que o malte é torrado e a combinação de cores dos maltes usados na fabricação da cerveja são os únicos fatores responsáveis por sua cor. Nem a água, nem os lúpulos, nem a levedura (exceto pelo efeito turvo em alguns estilos) tem efeito sobre a cor da cerveja.
- Álcool e CO<sub>2</sub>: a quantidade de malte usada, em conjunto com a quantidade de levedura, é responsável pelo teor alcoólico da cerveja. Dióxido de carbono e álcool são criados como subprodutos quando a levedura come os açúcares do malte.
- Sabor e aroma: Dependendo do processo de maltagem usado, os grãos maltados podem deixar muitos sabores diferentes. Estes são alguns dos diversos sabores gerados por diferentes maltes: pão biscoit, torrada, nozes, mel, caramelo, toffee, café, chocolate e cinzas. O lúpulo e a levedura costumam dominar na categoria aroma, mas, às vezes, você irá sentir um cheiro torrado ou de café vindo do malte.
- Dulçor e sensação na boca: muitas pessoas descrevem a cerveja doces como “maltosas”. Esses gostos provem dos açúcares residuais e do teor alcoólico adicional que permanecem na cerveja em razão de uma quantidade particularmente grande de

malte, resultando em um dulçor proeminente, viscosidade, calor e plenitude da cerveja. Talvez aquelas mesmas pessoas também sintam a ausência de secura ou amargor, provocada pela baixa quantidade de lúpulos na cerveja, e não necessariamente por um excesso de malte.

Como usar malte em sua cerveja caseira?

Quanto ao malte, a fabricação caseira de cerveja pode ser classificada em quatro tipos: Somente extrato; extrato com grãos especiais; mistura parcial ou somente grão. Observem que nem todo malte (exceto maltes em flocos) precisa ser moído (ou amassados) antes do uso. A definição desses termos difere entre cervejeiros caseiros, mais aqui vai a ideia básica por trás de cada estilo de fabricação.

- Somente extrato: receita deste tipo usam apenas extrato de malte como fonte de malte e açúcar. O extrato de malte é basicamente um mosto reduzido e já reduzido e vem em forma de xarope ou em pó seco. Nas receitas com somente extrato ou mistura parcial, o extrato de malte é o elemento principal. Ele equivale a brasagem, ou mistura, do malte-base nas receitas com mistura parcial ou somente grãos. Basicamente, é um atalho gostoso e fácil para os cervejeiros caseiros.



Figura 11 – Padrão visual de extratos.

Fonte: Bode, 2010

Extrato com grãos especiais: trata-se da fabricação a partir das receitas que usam principalmente extrato de malte como malte-base, mais que também levam uma pequena quantidade de maltes especiais infundidos. Basicamente, esses maltes proporcionam sabor e cor ao produto artesanal.

- Mistura parcial: em essência, é um meio termo entre a fabricação a base de extrato e a fabricação somente de grãos. Na mistura parcial, você usa um pouco de extrato de malte, um pouco de malte-base e maltes especiais com fonte de açúcar fermentável. O procedimento extra aqui é a brasagem dos grãos, o que significa que, em vez de



| Malte            | SRM | Tipo de maltagem            | Estilos indicados  | Composição dos grãos | Resultado Esperado  |
|------------------|-----|-----------------------------|--|----------------------|---|
| Pilsen           | 2   | Malte base                  | Todos os tipos de cervejas praticamente.                                       | até 100%             | Indicado para fabricação de todas cervejas claras e como base para cervejas especiais.                                    |
| Viena            | 3   | Malte base e Malte especial | Cervejas claras, tipo Märzen e especiais.                                      | até 100%             | Confere um paladar maltado para a cerveja sem acrescentar cor.  |
| Carahell         | 10  | Malte caramelo              | Inúmeros estilos   | até 25%              | Este malte dará corpo adicionando um mínimo de cor como faz o Carapilsen, mas com uma leve doçura de caramelo.            |
| Munique tipo I   | 7,1 | Malte base e Malte especial | Inúmeros estilos   | até 100%             | Acentua o caráter típico da cerveja através do reforço do aroma e sabor de malte.   |
| Munique tipo II  | 8,5 | Malte base e Malte especial | Inúmeros estilos   | até 100%             | Acentua o caráter típico da cerveja através do reforço do aroma e sabor de malte.   |
| Carared          | 24  | Malte caramelo              | Inúmeros estilos   | até 25%              | Este malte dará corpo à cerveja com uma leve doçura de caramelo e adiciona uma cor avermelhada à mesma.                   |
| Carambar         | 36  | Malte caramelo              | Inúmeros estilos   | até 20%              | Este malte dará corpo à cerveja com uma leve doçura de caramelo e adiciona uma cor avermelhada à mesma.                   |
| Caramunich – I   | 51  | Malte caramelo              | Inúmeros estilos   | até 15%              | Este malte dará corpo à cerveja com uma leve doçura de caramelo e adiciona uma cor avermelhada à mesma.                   |
| Caramunich – II  | 63  | Malte caramelo              | Inúmeros estilos   | até 15%              | Este malte dará corpo à cerveja com uma leve doçura de caramelo e adiciona uma cor rubi à mesma.                          |
| Caramunich – III | 71  | Malte caramelo              | Inúmeros estilos   | até 15%              | Este malte dará corpo à cerveja com uma leve doçura de caramelo e adiciona uma cor rubi à mesma.                          |
| Cararoma         | 120 | Malte caramelo              | Cervejas acastanhadas e escuras em geral como Bock, Dark ales, Stouts, Porters | até 15%              | Este malte dará corpo à cerveja com uma leve doçura de caramelo e adiciona uma cor de um venelho escuro profundo à mesma. |
| Melanoidina      | 30  | Malte Especial              | Cervejas de tipo avermelhadas como Amber Ale e Red Ales.                       | até 20%              | Leva aroma/sabor de biscoito e tostado e obtenção de cores avermelhadas.  |
| Acidificado      | 1,8 | Malte Especial              | Qualquer tipo/Estilo   | até 5%               | Redução do pH do mosto melhorando o trabalho de maceração. Intensificação da fermentação e cores da cerveja mais claras.  |
| Defumado         | 2   | Malte base e Malte especial | Cervejas Defumadas, tipo bamberg ou rauch.                                     | até 100%             | Obtenção do típico sabor defumado.  |
| Pale Ale         | 3   | Malte base e Malte especial | Qualquer tipo de cerveja em especial tipo Stout, Porter e Ales inglesas.       | até 100%             | Produz cervejas tipo Lager e Ales excepcionais.   |
| Trigo Claro      | 2   | Malte base e Malte especial | Cervejas de Trigo em geral   | Até 65%              | Intensifica o aroma típico de cervejas de trigo sem adicionar cor.  |
| Trigo Escuro     | 7   | Malte base e Malte especial | Cervejas de Trigo tipos Kolsch, Albier, Schankbier, weizenbock.                | até 50%              | Intensifica o aroma típico de cervejas de trigo adicionando cor.  |
| Centeio          | 3   | Malte base e Malte especial | Cervejas especiais com centeio.  | até 50%              | Paladar aromático das cervejas de centeio podendo ser utilizado como malte base.  |
| Carapils         | 2   | Malte caramelo              | Cervejas encorpadas  | até 20%              | Melhora a formação e a estabilidade da espuma além de melhorar o corpo da cerveja.  |
| Carafa I         | 320 | Malte Torrado               | Cervejas escuras, Stout.   | Até 12%              | Aumenta a coloração da cerveja escura de alta fermentação adicionando um gosto de torrado acentuado.                      |
| Carafa III       | 525 | Malte Torrado               | Cervejas escuras, Stout.   | Até 3%               | Aumenta a coloração da cerveja escura de alta fermentação adicionando um gosto de torrado bastante acentuado.             |

Figura 13 - Tabela de tipos e características de malte.

Fonte: Bode. 2010

### 2.1.1.2 Lúpulos

Oh, *humulus lupulus* (nome latino do lúpulo), o lobo entre as plantas, como você é importante para a cerveja!

Embora sejam pequenos cones florescentes femininos de uma planta trepadeira, essa coisinha delicada, com aparência de pinho, tem um golpe poderoso. Basicamente, são os lúpulos que proporcionam o equilíbrio a uma mistura que, sem eles, seria exageradamente doce, em vez de uma combinação de sabores doces e secos, as vezes até amargos. Muita gente não entende que o lúpulo é totalmente invisível em uma cerveja pronta. Ele é usado durante a fervura, quando suas qualidades são extraídas, e seus cones propriamente ditos são escoados para fora da cerveja. Entretanto, é possível detectá-los ao provar e sentir o cheiro da cerveja. Isso significa que não dá para saber o quanto uma cerveja é amarga só de olhar para ela. Um tempo para você absorver a ideia.... Os bebedores neófitos costumam pensar que a cor dá uma ideia do nível de amargor, mais não é verdade. Você precisa cheirar e provar a cerveja, seja ela clara, escura ou âmbar, para ser capaz de descrevê-la como seca ou amarga.

Qual é a contribuição do lúpulo para a cerveja?

- **Amargor:** a principal qualidade que os lúpulos proporcionam a cerveja é o amargor. Isso se deve ao que chamamos de alfa ácido que se encontra nas glândulas de resina dos lúpulos. Diferentes tipos de lúpulo possuem diferentes características e variados níveis de ácidos alfa. Alguns são melhores para amargar a cerveja, outros para o sabor, e outros ainda para conferir aroma; alguns são ótimos para as três coisas. Quanto mais tempo ferver os lúpulos, mais amargor você obterá deles; quanto menos forem fervidos, maior será a contribuição dos lúpulos para o aroma.
- **Sensação de seca:** o lúpulo contém um composto químico chamado tanino, que contribui para o toque adstringente ou sedoso que percebemos como seco (a verdadeira seca se deve à falta de açúcar que dá a sensação de seca na boca). O tanino existe em outras fontes alimentares. Está presente, na casca e nos caules das uvas, proporcionando seca ao vinho. Também existe no malte; portanto, os lúpulos

não são os únicos fornecedores de secura em uma cerveja, embora sejamos principais.

- Aroma e Sabor: O lúpulo proporciona a cerveja aromas desde o suave até “o tapa na cara”; as vezes, certos lúpulos são adicionados só para conferirem aroma. Os lúpulos podem ser picantes, terrígenos, herbáceos ou gramíneos. Quanto ao gosto e cheiro, podem parecer com toranja, pinho, alecrim, fruta cítrica e maconha.
- Conservação: No início da história da cerveja, os cervejeiros descobriram que os lúpulos possuíam uma quantidade antibacteriana/ antimicrobiana que podia servir de conservante para suportar tempos maiores e de armazenamento e distancias maiores de viagem. Essa descoberta culminou em cervejas agressivamente lupuladas, como a India Pale Ale e a Russian Imperial Stout – mais lúpulos foram acrescentados para a Índia, no primeiro caso, e da Inglaterra para a Rússia, no segundo.

Como adicionar lúpulo a sua cerveja caseira?

Os lúpulos são juntados as cervejas em diferentes adições durante a fervura do mosto. Algumas cervejas necessitam de apenas uma adição de lúpulo, outras, de três, quatro, cinco ou mais. Tipicamente a uma adição de lúpulo no começo da fervura: são os lúpulos de amargor, que proporcionam amargor, equilíbrio e/ou secura na cerveja. Uma segunda adição proporciona amargor e sabor. Outra adição ainda pode ser feita perto do fim da fervura: são os lúpulos de aroma.



Figura 14 – Tabela de tempo de adição de lúpulos.

Fonte: Bode. 2016

As combinações de tipos de lúpulo, número de adição e quantidade são infinitas. Uma receita nunca é igual a outra, e é fácil se empolgar com as adições de lúpulos.

É possível encontrar tipos de lúpulos nas seguintes formas: peletizados; cones frescos e plugs.

- Peletizados: essas coisinhas parecem comida de gato, mas seu gosto não tem nada a ver. Na verdade, são lúpulos inteiros que foram moídos e comprimidos em uma forma. De modo geral é a nossa forma preferida de lúpulos de cervejas caseira e também a de muitos cervejeiros profissionais. Eles são extremamente eficazes em distribuir de forma equilibrada o sabor do amargor.



Figura 15 – Lúpulo em peletis.

Fonte: Bode, 2010

- Cones frescos: são cones de lúpulo secos e frescos. Eles têm uma cara bonita – parecem um buque verde de flores secas. Algumas cervejarias profissionais, como a Sierra Nevada da Brewing Company, em Chico, California, só usam lúpulos frescos em suas cervejas. Para muitos cervejeiros profissionais, os cones secos são difíceis de encontrar em grandes quantidades; por isso, usam lúpulos peletizados.



Figura 16 – Lúpulo fresco.

Fonte: Bode, 2010



- Plugs: São cones de lúpulos inteiros cortados em tiras e comprimidos em plugs. Cada plug pesa cerca de 14 gramas. Geralmente, são usados para adicionar aroma e secura. Costumam ser um pouco mais raro que as opções anteriores.



Figura 17 – Lúpulo em plug.  
Fonte: Bode, 2010

- Envelhecidos: estes lúpulos são exatamente o que seu nome diz – lúpulos envelhecidos, às vezes por anos. Podem ser encontrados de forma paletizada ou de cone e em qualquer variedade. São usados na cerveja quando se quer obter qualidade secas, mas nenhum amargo. Cervejas azedas, como as lambics, geralmente usam lúpulos envelhecidos.

| LÚPULO                    | ALFA ACIDOS | USO    | AROMA   | ESTILOS INDICADOS                | SUBSTITUTOS                | ESTOQUEM |
|---------------------------|-------------|--------|---|----------------------------------|----------------------------|----------|
| AMARILLO                  | 03,80%      | Aroma  | Citrico, floral                                       | IPA, Ale                         | Cascade, Centennial        | 25,00%   |
| BREWERS GOLD (AMER)       | 07,37%      | Amargo | Neutro  | Ale, Lager                       | Bulfinch                   | 50,00%   |
| BREWERS GOLD (AMER)       | 07,30%      | Aroma  | Saúco, Citrico, pimenta                               | Ale, Lager mais "pesadas"        | Galena, Northern Brewer    | 50,00%   |
| CASCADE                   | 05,40%      | Aroma  | Citrico, floral, pimenta, melão                       | Pale ale, IPA, Porter, Edelweiss | Americ, Columbus           | 50,00%   |
| CLUSTER                   | 07,80%      | Amargo | Levemente cítrico                                     | Ale (incluindo Lager Amargor)    | Dalepa                     | 75,00%   |
| COLUMBUS                  | 15,00%      | Amargo | Aroma agradável e pungente, melão, para São Francisco | PA, pale ale, stout              | Nugget, Northern Brewer    | 60,00%   |
| FUSION                    | 04,30%      | Aroma  | Aroma leve de goiaba e tangerina                      | Ale, Lager                       | Strain, Golden, Tettnanger | 45,00%   |
| GALENA                    | 12,97%      | Amargo | Único, aroma floral leve                              | Stout, Porter, Stout, IPA        | Nugget, Centennial         | 75,00%   |
| HALLERTAU MACHO           | 15,00%      | Amargo | Pimenta   | Genl. + Lager, Pilsen, Stout     | Northern Brewer            | 25,00%   |
| HALLERTAU MATE, FREN      | 04,90%      | Aroma  | Neutro  | Lager, Stout, Wheat, Porter      | Crystal                    | 45,00%   |
| HALLERTAU PERLE           | 06,00%      | Aroma  | Saúco, melão, pimenta, melão                          | Pale ale, Porter, Lager          | Northern Brewer            | 25,00%   |
| HALLERTAU TRACTION        | 10,00%      | Aroma  | Herbal - Sassaçola, pimenta                           | Cerveja, Stout                   | Crystal, Liberty           | 75,00%   |
| MTHOOD                    | 04,40%      | Aroma  | Aroma leve e agradável mais neutro                    | Lager, Porter, Stout, Wheat      | Hersbruck                  | 45,00%   |
| MORPHYN BREWED            | 10,30%      | Amargo | Aroma neutro e leve                                   | English pale ale, Porter         | Divocel, Northern Brewer   | 25,00%   |
| MUSKET                    | 13,00%      | Amargo | Herbal  | Lager, Stout                     | Columbus, Galena           | 75,00%   |
| PREMIER                   | 07,00%      | Amargo | Aroma neutro  |                                  |                            |          |
| SAAZ                      | 03,30%      | Aroma  | Citrico, pimenta, Aroma leve de goiaba                | Porter, Lager, Wheat             |                            | 60,00%   |
| SLADEN                    | 05,00%      | Aroma  | Aroma leve de goiaba, pimenta                         |                                  |                            |          |
| SLOVENIAN SAMOSKY GOLDING | 03,90%      | Aroma  | Não acha informação                                   |                                  |                            |          |
| HALLERTAU ORGANICO        | 07,50%      | Aroma  | Não acha informação                                   |                                  |                            |          |
| HALLERTAU HERBIBREWED     | 03,30%      | Aroma  | Aroma a frio e ligeir. agradável                      | Lager, Stout, Wheat, Porter      | Mt. Hood                   | 25,00%   |
| HALLERTAU SAABER          | 05,00%      | Aroma  | Aromático, levemente herbal                           |                                  |                            |          |
| SPALT 1815C1              | 04,90%      | Aroma  | Leve e agradável, pimenta                             | Lager                            |                            | 25,00%   |
| TETTMANG TETTMANGSE       | 04,30%      | Aroma  | Goçoso, herbal  | Lager, ale                       | Spain, Tactic, Tactic      | 45,00%   |
| GOLDING                   | 05,80%      | Aroma  | Pimenta, floral                                       | Ale, Lager e Inglesa             |                            | 25,00%   |

**Observações:**

- A acidez é medida pela porcentagem de alfa e beta pinenos e limoneno a temperatura por 8 meses na temperatura de 20°C.

- Os valores acima representam de aproximação, não são valores exatos, consulte a cartilha de referência com seu distribuidor para melhor precisão.

Figura 18 – Tabela de lúpulos e suas características.

Fonte: Bode 2010

### 2.1.1.3 Leveduras



Figura 19 – Leveduras.

Fonte: Bode 2010

Conhecida na antiguidade como “Deus é bom”, há eras a levedura é considerada um mecanismo mágico que cria fermentação. Salve a levedura! Leveduras são organismos vivos que formam colônias de células únicas, simples.

Oficialmente, os cientistas chamam esse organismo de fungos. Leveduras tem fome, levedura podem ser furiosas! E podem ser preguiçosas e morrer.

A quantidade de comida (açúcar) disponível para as leveduras durante a fermentação, a temperatura em que elas se alimentam e sua qualidade criam as condições responsáveis pela quantidade de álcool e  $\text{CO}_2$  presentes na cerveja. A levedura é a *Saccharomyces cerevisiae*, cultivada especialmente para a fermentação de cerveja.

Qual a contribuição da levedura para sua cerveja?

- Álcool: obviamente, sem leveduras, não haveria fermentação e álcool. E ficaríamos todos tristes.
- Ésteres: são compostos químicos que a levedura emite na cerveja, os quais nosso cérebro percebe como sabores e aromas agradáveis. Há diversas espécies de leveduras, que contribuem com diversos sabores e aromas. Os ésteres imitam muitas coisas. Por exemplo, podem ter gosto de frutas, como pera, morango e cereja escura: também podem ser picantes como cravo e pimenta-branca: podem lembrar flores, como pétalas de rosa e jasmim: ou podem ter um caractere herbáceo, como sálvia e lavanda.
- Sensação na boca: a levedura pode contribuir muito para a sensação de uma cerveja na boca através da carbonatação. No processo de criação do álcool, a levedura cria também o  $\text{CO}_2$ ; se a carbonização for intensa, a cerveja apresentara uma sensação picante na língua e um aspecto muito mais leve e fresco. Além disso, em estilos não filtrados, a levedura permanece suspensa na cerveja, proporcionando uma sensação mais encorpada, redonda e grossa na boca.
- Estilo: tipos específicos de leveduras geram sabores e aromas que constituem a quintessência de determinados estilos de cerveja. Por exemplo, a levedura de trigo Bavarian contribui com ésteres que conferem as características de banana, cravo e chiclete pelas quais a Hefeweizen é conhecida: já a levedura Saison concede a esse estilo suas qualidades temperadas, apimentadas e cítricas.

| <b>ESTILOS SUGERIDOS (FERMENTIS)</b> |   |
|--------------------------------------|---|
| S-04                                 | Ordinary Bitter, English Pale Ale, Indian Pale Ale, Scottish Ale, Light Porter, Classic Stout |
| K-97                                 | Ale, Wheat Beers  |
| US-05                                | Kölsch, Mild Ale, American Pale Ale, Brown Ale, Scottish Ale Light, Porter, Classic Stout     |
| S-23                                 | Dortmunder  |
| S-189                                | Bock, Dark Munich, Doppelbock   |
| W-34/70                              | Pilsner, Light Munich, Vienna, Marzenbier, Oktoberfest  |
| S-33                                 | Scottish Ale Export & Strong, Foreign Stout, Barley Wine, Strong Bitter                       |
| T-58                                 | Imperial Stout, Barley Wine, Cask and bottle conditioned                                      |
| WB-06                                | Wheat Bier, Weizen Bier   |

Figura 20 – Tipos de leveduras e estilos sugeridos – Fabricante FERMENTIS.

Fonte: Bode 2010

Como usar a levedura em sua cerveja caseira?

Ao entrar em uma loja de suprimentos para cerveja artesanal pela primeira vez, você pode se surpreender com a aparência da levedura. Examine um frasco típico de levedura, e logo verá que não é o ingrediente mais bonito da cerveja. A levedura lembra lama marrom: meio nojenta, mas divertida. Você sente como se fosse realizar um experimento científico, e, na verdade, é isso mesmo. Estes são os tipos de levedura usados na fabricação de cerveja caseira:

- Labs, em tubo (levedura líquida): estes frascos de leveduras líquidas são produzidos por uma das maiores empresas de levedura. Você precisa refrigerá-los por 3 a 6 horas antes de começar o processo de produção. Em seguida, deve tirá-los do refrigerador e deixá-los voltar a temperatura ambiente.

Quando os frascos estiverem prontos para serem inoculados a mistura, agite-os e despeje-os.



Figura 21 – Levedura líquida em tubos.  
Fonte: Bode 2010

- Wyeast Laboratories, em pacotes (levedura líquida): são embalagens plásticas grandes que contêm em seu interior levedura líquida e um pacote minúsculo, o qual você deve apertar e quebrar para ativar a levedura e fazê-la trabalhar. Depois que esse pacote é quebrado, a embalagem geralmente incha. É preciso refrigerar a embalagem de levedura por até 1 dia ou por pelo menos 3 horas antes de começar a fabricação. Depois, tire-a do refrigerador, abra-a e deixe-a voltar a temperatura ambiente.

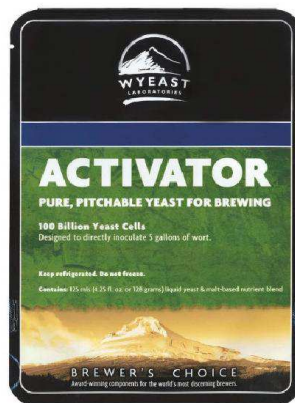


Figura 22 – Levedura líquida em pacotes.  
Fonte: Bode 2010

- Levedura seca: até muito pouco tempo atrás, se fizesse cerveja caseira, você usaria levedura seca. Hoje mais pessoas preferem utilizar a versão líquida, mas as leveduras secas têm suas vantagens. Ela possui um tempo de prateleira mais

longo, podendo durar meses; além disso, tem uma contagem de células altas e começa a fermentar mais rápido. O lado ruim que as espécies de levedura seca não são mantidas em condições de estéreis, o que gera o risco de contaminação. Você precisa reidratar a levedura seca antes de adicioná-la à cerveja. Para obter os melhores resultados, reidrate o pacote em água a 35°C a 37,8°C; depois, adicione um pouco de açúcar para ver se as danadinhas continuam vivas após serem secas e guardadas.



Figura 23 – Levedura seca em pó.  
Fonte: Bode 2010

- Starter: muitos cervejeiros recomendam fazer algo chamado de starter para colocar as leveduras para trabalhar antes de jogá-las na cerveja. As leveduras para trabalhar antes possuem contagem de células muito altas; por isso, você não precisa fazer o starter. As leveduras prontas para serem usadas e os pacotes de 175 mililitros não precisam de starter, principalmente se forem frescos. Verifique a data de validade na embalagem.

Durante a fermentação, a levedura come os açúcares no mosto e gera álcool e CO<sub>2</sub> como subproduto. Cada estilo de cerveja e de levedura tem uma temperatura de fermentação ideal. Alguns até funcionam melhor com variação de temperatura durante a fermentação. Por exemplo, as leveduras Saison se saem bem quando a cerveja é aquecida entre 27°C e 32°C.

| FERMENTO   | FLOCULAÇÃO    | ATENUAÇÃO        | DOSAGEM   | TEMP.     | CARACTERÍSTICAS  |
|--|---------------|------------------|-----------|-----------|--|
| S-04 (Ale)   | Alta          | Média (71 à 75%) | 10 à 16g. | 15 à 24°C | Fermentação rápida, ampla gama de estilos Ales (em especial ingleses)  |
| US-05 (Ale)  | Baixa à média | Média (71 à 75%) | 10 à 16g. | 15 à 24°C | Paladar limpo/puro, reduzido diacetil, ampla gama de estilos Ales (em especial ingleses)   |
| WB-06 (Ale)  | Baixa         | Baixa (65 à 70%) | 10 à 16g. | 15 à 24°C | Para cervejas de trigo, bem fenólica e esterificada  |
| T-58 (Ale)   | Média         | Baixa (65 à 70%) | 10 à 16g. | 15 à 24°C | Sabor picante e de especiarias, indicada para cervejas engarrafadas, alta resistência ao álcool (8,5 à 11,5% v/v)  |
| S-33 (Ale)   | Média         | Baixa (65 à 70%) | 10 à 16g. | 15 à 24°C | Sabor marcante indicado para cervejas de trigo, belgas, e qualquer uma de alta densidade, performance ótima em cervejas engarrafadas, alta resistência ao álcool (8,5 à 11,5% v/v) |
| S-23 (Lager)   | Alta          | Média (71 à 75%) | 16 à 24   | 12 à 15°C | Produz notas de frutas e ésteres, usada para algers em geral   |
| W-34/70 (Lager)  | Alta          | Média (71 à 75%) | 16 à 24   | 12 à 15°C | Cepa mais utilizada p/ produção de lagers com caráter de sabor bastante puro.  |
| <b>OBSERVAÇÕES</b>   |               |                  |           |           |  |
| <p>- A dosagem está configurada para uma produção de 20 litros.</p> <p>- Em relação aos fermentos Lagers (W-34/70, S-23 e S189) é possível fermentar abaixo de 09°C mas não é indicado haja vista que teríamos que inocular até 3x mais fermento.</p> <p>- A atenuação baixa significa que terá uma gravidade final (FG) Alta, e vice versa.</p> |               |                  |           |           |  |

Figura 24 – Tabela de características de leveduras.

Fonte: Bode 2010

#### 2.1.1.4 Água

Segundo apresentado pelo cervejeiro caseiro (Bode, 2009) uma forma simples de se referir à água cervejeira é por “soft water” ou “hard water”.

A água mole (soft), pobre em sais dissolvidos e é costumeiramente usada para a produção de pilsens por exemplo. Ademais são excelentes para um tratamento mais fidedigno já que podemos até adicionar sais, mas não é comum fazer sua remoção de forma caseira/artesanal.

Uma boa notícia é que a maior parte da água encanada brasileira é mole (aqui no Rio de Janeiro posso confirmar essa informação). Na dúvida pergunte a sua fornecedora ou converse com alguns cervejeiros experientes de sua localidade afinal,

eles mesmos podem já ter encomendado uma análise físico-química da água de sua região.

A água dura, por sua vez é mais rica em íons e dependendo de sua configuração pode ser positiva para determinado estilo de cerveja melhorando o seu perfil de sabores e aromas.

Esse índice de dureza pode ser medido somando os 3 principais íons (Cálcio, Magnésio e Bicarbonato) em ppm (partes por milhão) \* 1 ppm = 1mg/L.

- 0 – 50 ppm: Água Mole
- 51 -110 ppm: Água “Média”
- 111 – 200 ppm: Água dura
- 200+ ppm: Água super dura.

Nesse contexto de dureza podemos separá-la em permanente (Cálcio + Magnésio) e temporária (bicarbonato) que se solidifica com a fervura ou certos ácidos e é eventualmente eliminada. Evite usar acima de 100ppm de dureza temporária, isso atrapalharia o ph da brasagem e iria conferir um sabor de amargor desagradável.

Ao invés de ficar escrevendo um texto vou escrever por tópicos que, creio, será um método mais didático e visual de passar as características de cada íon. Posso, no entanto, adiantar que o íon do cálcio é de longe o mais importante o que significa que praticamente toda cerveja se beneficia com um uso adequado do mesmo. Cálcio (Ca<sup>++</sup>)

- Diminui o PH do mosto (seu uso correto praticamente garante um ph de 5,2 na fervura e mostura que, como já vimos, é o valor quase sempre a ser buscado).
- Auxilia a filtração/lavagem (diminui a viscosidade do mosto e reduz a absorção de taninos)
- Contribui para clarificação da cerveja (aumenta a sedimentação de proteínas na fervura e leveduras na fermentação)
- Protege (até certo ponto) a enzima alfa-milase de sua inativação por calor.
- Abaixo de 50 ppm é ruim. Mantenha entre 50 e 150 ppm para a maior parte das cervejas

Magnésio (Mg<sup>++</sup>)



- Diminui o PH mas não tanto quanto o cálcio.
- Auxilia a fermentação (nutriente p/ levedura)
- Cervejas puro malte já adicionam uma quantidade adequada de Mg que acima de 30 ppm podem trazer um amargor desagradável na cerveja.
- Evite usar em concentrações altas pois pode resultar em uma cerveja com um toque azedo e/ou adstringente.
- Mantenha entre 10-30 ppm.

#### Cloreto (Cl<sup>-</sup>)

- Aumenta a sensação de corpo e doçura
- Mantenha abaixo de 200 ppm (sendo abaixo de 150 ppm mais indicado)
- Aumenta a sensação de corpo e doçura (quantidades exageradas tem um resultado desagradável e pode até mesmo matar leveduras)
- Desagradável na presença de sulfato; quanto mais sulfatos, menos sódio, e vice-versa, sendo 100ppm de sulfato de sódio o limite para essa combinação.
- 10-70 ppm é normal, até 150 ppm pode realçar sensações de corpo e doçura em estilos que o pedem, mas acima de 200 ppm não é indicado.

#### Sulfato (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>)

- Ajuda a degradação do amido e das proteínas e ajuda na filtragem e na formação do trub. Melhora o sabor do lúpulo e diminui o seu amargor.
- Favorece um paladar mais seco que fica excessivamente áspero na presença de sódio.
- 10-50 ppm para lagers leves / 30 a 70 ppm para ales em geral / acima disso para cervejas mais amargas.

#### Bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

- Em níveis baixos a acidez da mostura pode ser excessiva
- Em níveis altos o mosto pode ficar pouco ácido prejudicando o processo em várias etapas (conversão enzimática, cold-break, amargor rasgante e etc...)
- Recomenda-se o uso de 25-50 ppm (cervejas claras) e 100 ppm (cervejas escuras)

\* OBS: Em relação às concentrações recomendadas consultei mais de uma fonte e fiz uma média das sugestões na postagem. A do bicarbonato, no entanto, foi bastante controversa. Uma fonte (Papazian) afirmou que não se deve usar mais que 100 ppm

de bicarbonato enquanto o beersmith por sua vez aconselhava entre 100 e 300 ppm para cervejas escuras.

Típicas relações em sulfato e cloreto por estilo:

| ESTILO            | SULFATO / CLORETO |
|-------------------|-------------------|
| English Pale Ale  | 2/1               |
| Scottish Pale Ale | 3/2               |
| Mild Ale          | 2/3               |
| Stout             | 1/ 2              |
| Dry Stout         | 3/1               |

Figura 25 – Tabela de características de água.  
Fonte: Bode 2010

Água mole é o ideal pois com ela podemos efetivamente calcular a quantidade de minerais que vai utilizar. Água dura por outro lado já tem sua composição pronta e como provavelmente não teremos meio de remover íons é melhor nem arriscar acrescentando algo mais.

Perfil das águas cervejeiras mais famosas:

| City      | Calcium | Magnesium | Na <sup>+1</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> | Cl <sup>-1</sup> | Bicarbonate | Beer Style     |
|-----------|---------|-----------|------------------|-------------------------------|------------------|-------------|----------------|
| Burton    | 352     | 24        | 44               | 820                           | 16               | 320         | India Pale Ale |
| Dortmund  | 225     | 40        | 60               | 120                           | 60               | 220         | Export Lager   |
| Dublin    | 118     | 4         | 12               | 54                            | 19               | 319         | Dry Stout      |
| Edinburgh | 100     | 18        | 20               | 105                           | 45               | 160         | Scottish Ale   |
| London    | 52      | 32        | 86               | 32                            | 34               | 104         | British Bitter |
| Munich    | 109     | 21        | 2                | 79                            | 36               | 171         | Oktoberfest    |
| Pilsen    | 10      | 3         | 3                | 4                             | 4                | 3           | Pilsener       |
| Vienna    | 163     | 68        | 8                | 216                           | 39               | 243         | Vienna Lager   |

Figura 26 – Tabela de perfil das águas de grandes cervejas.  
Fonte: Bode 2010

## 2.2 Processo de fabricação

As etapas do processo de fabricação de cerveja artesanal são descritas segundo John Palmer (2006).

### 2.2.1 Moagem

Existe uma relação entre o tamanho das partículas e a eficiência na extração quando moer o grão. Partículas pequenas são convertidas mais rapidamente pelas enzimas e rendem uma melhor extração. Entretanto, se todo o grão fosse moído muito finamente você terminaria com um taponamento do qual não poderia drenar nada. As partículas grandes permitem uma boa corrente de fluidos, mas não são tão bem convertidas pelas enzimas. Uma boa moagem tem uma fila de tamanhos das partículas que balançam a conversão de açúcares e a drenagem do mosto.

Uma boa moagem é essencial para obter a melhor eficiência do macerado e a extração.

Existem dois tipos básicos de moinhos de grãos disponíveis comercialmente. O moinho de discos usa dois discos contra giratórios para moer o malte isto frequentemente resulta em farinha moída finamente e cascas despedaçadas, o que não é bom para a drenagem do mosto. Ajustar a moagem muito fina geralmente leva a lavados estancados. Este tipo de moinhos de grãos pode produzir uma boa moagem sem produzir muito machucados às cascas se o espaço é ajustado corretamente (entre 0.89 e 1.07 mm – 0.035 e 0.042”)



Figura 27 – Moinho de disco.

Fonte: Bode, 2010

O outro tipo de moinho tritura o malte entre dois paus de macarrão como um escorredor de roupa. Há muito menos danos às cascas deste modo, o que ajuda a evitar que a cama de grãos se compacte durante a lavagem. O moinho de dois paus de macarrão é mais caro que o de discos, mas dará uma moenda melhor e mais consistente ao grão com muito menos machuco às cascas.



Figura 28 – Moinho de rolo.

Fonte: Bode, 2010

As cascas dos grãos ao ser insolúveis são importantes para uma boa drenagem do mosto.

A cama de grãos forma seu próprio filtro a partir das cascas e o material do grão. As cascas evitam que a cama de grãos se compacte e permitem que a água flua através da cama, extraindo o açúcar.

### **2.2.2 Mosturação**

Mostura é o termo usado pelos cervejeiros para o processo de embeber em água quente, o qual hidrata a cevada, ativa as enzimas do malte e converte o amido dos grãos em açúcares fermentáveis. Há vários grupos-chaves de enzimas que concorrem para a conversão do amido dos grãos em açúcares.

Durante a mostura, as alfa-amilase, a beta-glucanase e as enzimas proteolíticas fazem o seu trabalho, preparando um fácil acesso para o amido para que

assim possa ser convertido em açúcares. Durante a mostura, uma quantidade limitada de outras modificações pode acontecer, mas o principal evento é a conversão das moléculas de amido em açúcares fermentáveis e a conversão das dextrinas não fermentáveis pelas enzimas diastáticas.

Cada um desses grupos de enzimas é favorecido por diferentes temperaturas e níveis de pH. O Cervejeiro pode ajustar a temperatura da mostura para favorecer sucessivamente a função de cada enzima e deste modo adequar o mosto a seu gosto e propósito.

No processo da mostura, 90% dos amidos são solúveis a 45,5 °C e atingem sua máxima solubilidade a 65 °C. Tanto os grãos maltados como os não maltados tem as suas reservas de amido fechadas em matrizes de proteína/carboidrato as quais atrapalham o contato físico das enzimas com o amido para que ocorra a conversão. O amido dos grãos não maltados é ainda mais fechado. Esmagar ou mexer os grãos durante a mostura, ajuda a hidratar os grãos. Uma vez hidratado, o amido pode ser solubilizado, apenas pelo calor, ou por uma combinação de calor e ação das enzimas. De qualquer forma, uma mostura enzimática é necessária para converter os amidos solúveis em açúcares fermentáveis.

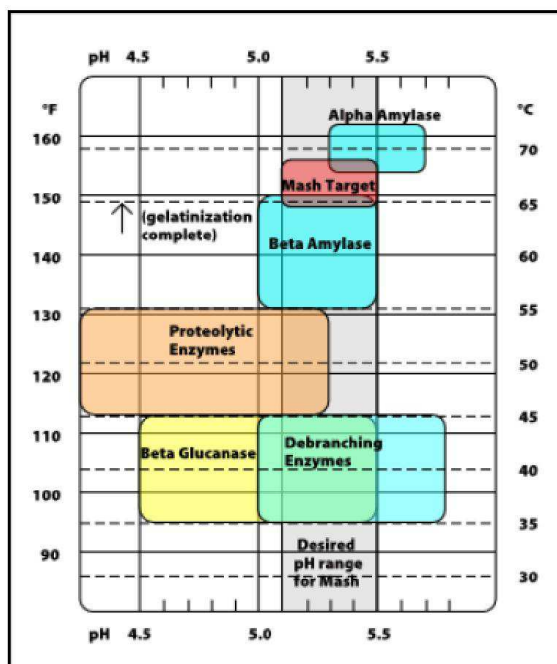


Figura 29 – Escala enzimática típica na mostura.

Fonte: Bode, 2010

| Quadro 11 - Principais Grupos Enzimáticos e Funções |                             |              |  |
|---|-----------------------------|--------------|--|
| Enzima  | Melhor faixa de temperatura | Escala de PH | Função   |
| Fitase  | 30-52 °C                    | 5,0-5,5      | Reduz o pH da mostura. Deixou de ser utilizado.        |
| <a href="#">Debranching</a><br>(var.)               | 35-45 °C                    | 5,0-5,8      | Solubilização de amidos.                               |
| Beta glucanase                                      | 35-45 °C                    | 4,5-5,5      | Melhor quebra da goma.                                 |
| Peptidase   | 45-55 °C                    | 4,6-5,3      | Produz amido livre de Nitrogenio (FAN).                |
| Protease  | 45-55 °C                    | 4,6-5,3      | Quebra proteínas grandes que formam nuvens             |
| Beta Amilase  | 55-65 °C                    | 5,0-5,5      | Produz maltose.  |
| Alfa Amilase  | 67-72 °C                    | 5,3-5,7      | Produz uma variedade de açúcares, incluindo a maltose. |

Figura 30 – Tabela de temperaturas de mosturação.

Fonte: Bode 2010

Nota: Os números acima foram calculados a partir de várias fontes e deve ser interpretada como típica faixa de atividade. As enzimas serão ativas fora dos limites indicados, mas serão destruídas à medida que a temperatura aumenta acima de cada faixa.

**Método por infusão simples.** - Este é o método mais simples, e o usado para a maioria dos estilos de cerveja. Se mescla a totalidade do malte moído com água quente para obter uma temperatura do mosto de 65,5°C-70°C, dependendo do estilo que vá se fabricar.

A temperatura da água de infusão varia dependendo da relação água/grãos usada para o mosto, mas em geral a água inicialmente está 5,5°C - 8,5°C acima da temperatura de descanso desejada do mosto.

O mosto deve ser mantido à temperatura de sacarificação por ao redor de uma hora, sem que perca mais do que um par de graus (+ ou - 2°). O objetivo é manter uma temperatura estável.

**Execução do Mashout** - Antes que o mosto seja drenado do macerado e o grão enxaguado (lavado) de açúcares residuais, muitos cervejeiros realizam um mashout. Este é o termo que se usa para aumentar a temperatura do macerado a 76.5 °C (170 °F) antes da drenagem propriamente dito.

Esta etapa detém toda a atividade enzimática (preservando o perfil de açúcares fermentáveis) e faz à cama de grãos e ao mosto mais fluídos.

### 2.2.3 Recirculação

Logo que a cama de grãos se assentou e está pronta para a drenagem do mosto, os primeiros litros são extraídos da torneira da panela e jogada novamente sobre a cama de grãos. Os primeiros litros são quase sempre turvos com proteínas e partículas de grãos e esta etapa filtra o material indesejável para evitar que chegue à panela de fervura. Logo depois de que o mosto começa a esclarecer-se (estará escuro e um pouco turvo), você está preparado para juntar o mosto e lavar a cama de grãos. A recirculação pode ser necessária cada vez que a cama de grãos se mova e pequenas partes de grão e casca apareçam em mosto extraído.



Figura 31 – Recirculação.

Fonte: Bode 2010

### 2.2.4 Lavagem

A Lavagem é o enxague da cama de grãos para extrair a maior quantidade possível de açúcares sem extrair taninos adstringentes das cascas dos grãos. Tipicamente, se usam 1.5 vezes mais água para a lavagem que para o macerado (por exemplo, 4 kg de malte 4 lt / kg = macerado de 16 litros, então 24 litros de água de lavagem). A temperatura da água de lavagem é importante. A água não deve estar a mais de 76.7 °C (170 °F), porque os taninos da casca se voltam mais solúveis sobre

esta temperatura, dependendo no pH do mosto. Isto poderia levar a uma adstringência na cerveja.

O mosto deve ser drenado lentamente para obter a melhor extração. O tempo de lavagem varia dependendo da quantidade de grão no sistema de drenagem entre meia e 2 horas e meia. Quando dizemos lavar nos referimos a “orvalhar” e isto explica por que você pode ter visto ou ouvido discussões. Existem três métodos principais de lavagem: método Inglês, método por lotes e método contínuo.

O método de lavagem contínua usualmente resulta em melhores extrações. O mosto é recirculado e drenado até que perto de 2.54 cm (1 polegada) de mosto permanecem sobre a cama de grãos. A água de lavagem é gentilmente agregada, em quantidade necessária, para manter o fluido pelo menos nesse nível. O objetivo é substituir gradualmente o mosto com a água. Este método demanda mais atenção por parte do cervejeiro, mas pode produzir um rendimento mais alto.



Figura 32 – Lavagem.

Fonte: Bode 2010

### **2.2.5 Fervura**

A espuma começará a subir e formará uma superfície lisa. Isto é bom. Se a espuma subitamente se concentra em um lado, é um "boil over". Isto é mau. Se notar que isso irá ocorrer, baixar o fogo ou orvalhar a superfície com um borrifador de água. A espuma é produzida por proteínas no mosto, que coagulam devido a ao movimento



giratório do fervor. O mosto continuará fazendo espuma até que as partículas de proteína sejam o suficientemente pesadas para afundar-se no recipiente. Poderão ser vistas várias partículas flutuando ao redor do recipiente. Isto é o que se chama de "hot break", e pode levar 5-20 minutos até que ocorra, dependendo da quantidade de proteína que contenha o extrato. Frequentemente a primeira adição de lúpulo provoca uma grande quantidade de espuma, especialmente se se usam pellets de lúpulo. É recomendável esperar a que ocorra o hot break antes de fazer a primeira adição de lúpulo, e anotar a hora. O tempo extra de fervura não causa nenhum dano.



Figura 33 – Adição de lúpulos.

Fonte: Bode 2010

**Primeira adição:** Uma vez que ocorreu o "hot break", adicionar o lúpulo de amargor. Revolver para que todos se umedeçam bem. Cuidar que o mosto não transborde ao adicioná-los. Deverão ser fervidos por aproximadamente uma hora para extrair os ácidos alfa que dão amargor.

**Segunda/Terceira adição:** Continuar com o fervor suave até completar uma hora. Revolver ocasionalmente para evitar que se queime. Provavelmente haverá uma mudança de cor e aroma, além de partículas de matéria sólida flutuando no mosto. Isto não é um problema; é o material do hot break, por ex. proteína coagulada/precipitada. Adicionar a metade do lúpulo de aroma 30 minutos antes do final da fervura, e a última metade durante os últimos 15 minutos. Estas últimas adições requerem menos tempo para que os óleos voláteis fervam, e incrementam o sabor e aroma. Se deseja mais aroma, pode adicionar um pouco mais durante os últimos 5 minutos.

### 2.2.6 Resfriamento

Ao final do fervor, é importante esfriar o mosto rapidamente. Enquanto está ainda quente (ao redor de 60°C), as bactérias e a levedura crua são inibidas. Mas é muito suscetível a danos por oxidação à medida que se esfria. Também estão os já mencionados compostos sulfurados que se desenvolvem no mosto enquanto este está quente. Se o mosto é esfriado lentamente, o dimetil sulfito continua a se produzir, sem ser eliminado pelo fervor, e isto produz sabores indesejados na cerveja terminada. O objetivo é esfriar rapidamente o mosto abaixo dos 26°C, antes de que se produza oxidação e contaminação.

O esfriado rápido também forma o "Cold Break". Este está composto por outro grupo de proteínas que devem ser chocadas termicamente para precipitar-se fora do mosto. O esfriado lento não as afeta. O "cold break", ou melhor a sua falta, é o que provoca o "Chill Haze". Quando uma cerveja é esfriada (chilled) para bebê-la, estas proteínas precipitam parcialmente formando uma bruma (haze). À medida que a cerveja aumenta de temperatura, as proteínas voltam a dissolver-se. As proteínas do "cold break" precipitarão permanentemente só se passarem rapidamente da temperatura de fervura a temperatura ambiente, evitando assim o "chill haze". O chill haze é considerado geralmente como um problema cosmético. Não tem sabor. De toda maneira, o "chill haze" indica que há um nível apreciável de proteínas do tipo "cold break" na cerveja, o que se relaciona com problemas de estabilidade. A cerveja "hazy" tende a ficar rançosa mais rapidamente que a "non-hazy". Os seguintes são alguns dos métodos preferidos para esfriar o mosto.

Banho de água - Colocar o recipiente em um recipiente com água fria/gelada que possa circular ao seu redor. É melhor manter o recipiente parado, mas, com cuidado, pode-se acelerar a resfrição revolvendo. Revolver brandamente em sentido circular para que a máxima quantidade de mosto se mova contra as paredes do recipiente. Minimizar os respingos para evitar oxidação. Evitar que a água das mãos caia dentro da panela; isto poderia ser uma causa de contaminação. Se a água esquenta, substituí-la com água fria. O mosto deveria alcançar os 26°C em torno de 30 minutos. Quando o recipiente está o suficientemente morno para poder tocá-lo, é que se obteve a temperatura adequada.

Esfriadores de Cobre (Chillers) - O esfriador consiste em tubos circulares de cobre usados para trocar calor e assim esfriar o mosto.

Embora os esfriadores de mosto não são necessários para a primeira cerveja, especialmente se vão se ferver só 7 - 11 litros, este é um bom momento para começar ao ter em conta. Os esfriadores são úteis para esfriar grandes volumes de cozido porque se pode deixar o recipiente sobre a cozinha em lugar de transportá-lo a um outro local para resfriar. 19 litros de mosto fervendo pesam ao redor de 20,5 quilogramas e são difíceis de transportar.

Existem dois tipos básicos de esfriadores: imersão e contracorrente. Os de imersão são os mais simples e funcionam fazendo correr água pela serpentina. O esfriador está imerso no mosto e diminui sua temperatura. A contracorrente funciona de maneira inversa. O mosto quente é drenado fora do recipiente através da serpentina, enquanto flui água fria pelo exterior do resfriador. Os de imersão se conseguem nos negócios do ramo ou podem fabricar-se facilmente em casa.



Figura 34 – Resfriamento por imersão.

Fonte: Bode 2010



Figura 35 – Resfriamento por contracorrente.

Fonte: Bode 2010

### 2.2.7 Fermentação

A fermentação dos açúcares do malte em cerveja é um processo bioquímico complicado. É mais do que apenas conversão de açúcar em álcool, que pode ser considerada como atividade primária.

**Inoculação do fermento** – Preparação da levedura seca. A levedura seca deve ser reidratada antes de ser ativada. Frequentemente a concentração de açúcares no mosto é tão alta que a levedura não pode extrair suficiente água através das membranas de suas células para reiniciar seu metabolismo.

Para a reidratação das leveduras ler as instruções nos pacotes fornecidos pelo fabricante.



Figura 36 – Inoculação das leveduras.

Fonte: Bode 2010

Fermentação total pode ser definida como três fases, a fase da Adaptação ou Atraso (fase 01), a fase Primária ou Atenuativa (fase 02) e a fase Secundária ou Condicionante (fase 03). A levedura não termina a fase 2 antes de começar a fase 3, este processo ocorre em paralelo, mas o processo de condicionamento ocorre mais lentamente. Como a maioria dos açúcares estão consumidos, mais e mais leveduras vão transicionar a digerir maiores e mais complexos açúcares e subprodutos precoces das leveduras.

Adaptação ou Atraso (fase 01) - Imediatamente após a inoculação, a levedura inicia o processo de adaptação as condições do mosto e inicia um período de alta propagação. A levedura o oxigênio disponível no mosto para facilitar o processo de propagação. A levedura pode usar outros métodos para se adaptar e propagar na

ausência de oxigênio, mas podem fazê-lo muito mais eficiente com o oxigênio. Em condições normais, a levedura pode prosseguir em fase de adaptação e iniciar a fermentação primária dentro de 12 horas. Se passar 24 horas sem atividade aparente, provavelmente mais levedura deve ser inoculada.

No início da fase de adaptação, a levedura faz estoque de açúcares, FAN e outros nutrientes presentes, e faz uma varredura das enzimas e outros atributos que necessita para se adaptar ao ambiente. A levedura usa suas próprias reservas de glicogênio, oxigênio e lipídios do mosto para sintetizar esteróis para construir as suas membranas celulares. Os esteróis são conhecidos por ser importante para tornar a membrana celular permeável aos açúcares e outros nutrientes do mosto.

Fase primária ou atenuativa (Fase 2) - A fase de fermentação primária ou atenuativa é definida pelo momento da fermentação vigorosa, quando a gravidade da cerveja diminui entre 2/3 e 3/4 da gravidade original (O.G. – Original Gravity). A maioria da atenuação ocorre durante a fermentação primária, e pode durar de 2 a 6 dias para Ales, ou de 4 a 10 dias para Lagers, dependendo das condições. Irá formar uma espuma sobre a cerveja (krausen). Esta espuma é constituída por leveduras e proteínas do mosto e é de cor creme luminosa, com partes (Gunk) de cor verde e castanho que aglomeram e tendem a aderir às paredes do fermentador. O Gunk é composto de proteínas estranhas ao mosto, resinas de lúpulo, e levedura morta. Esses compostos são muito amargos e se agitado retorna ao mosto, resultando em sabores residuais ásperos (adstringente). Felizmente, esses compostos são relativamente insolúveis e normalmente são eliminados aderindo-se às paredes do fermentador via krausen. Sabores residuais ásperos são raramente ou nunca, um problema.



Figura 37 – Fermentação.  
Fonte: Bode 2010

Como a fermentação primária decanta, a maioria das leveduras que formam o krausen começa a diminuir. Se você for transferir a cerveja para outro fermentador para separar o Trub (bolo de levedura), este é o bom momento para fazê-lo. Tome cuidado para evitar aerar a cerveja durante a transferência.

Neste ponto do processo de fermentação, a exposição ao oxigênio só irá contribuir para oxidar a cerveja, ou pior ainda, contamina-la. Muitos kits enlatados aconselha o envase da cerveja após uma semana ou depois que o krausen tenha diminuído. Esta não é uma boa idéia porque a cerveja ainda não passou da fase de maturação (conditioning phase). A esta altura, a cerveja teria sabor um pouco áspero nas bordas (por exemplo, sabores de fermento, tons amanteigados, sabores de maçã verde), mas estes sabores indesejados (off-flavors) desaparecerá após algumas semanas de maturação.

Secundária ou Condicionante (fase 03). - As reações que ocorrem durante a fase de acondicionamento são primariamente uma função da levedura. A etapa vigorosa inicial chegou ao fim, a maioria dos açúcares do mosto se converteram em álcool e a maioria das células de levedura estão inativadas, mas algumas ainda estão ativas.

A fase secundária permite a redução lenta dos fermentáveis remanescentes. A levedura consumiu a maioria dos açúcares facilmente fermentáveis e agora começa a dirigir sua atenção a outra parte. Agora começa a trabalhar sobre os açúcares mais pesados, como a "maltose". Também limpará alguns dos subprodutos originados na fase primária. Mas este processo também tem seu lado negro.

Sob certas condições, a levedura irá consumir também alguns dos componentes do sedimento (Trub). A fermentação desses componentes pode produzir sabores estranhos. Além disso, a levedura inativa no fundo do fermentador começa a excretar mais aminoácidos e ácidos graxos. Deixar a cerveja no fermentador primário com o sedimento (trub) e a levedura por muito tempo, (mais 3 semanas), tenderá a resulta em evidentes sabores aguados. Além disso, depois de um tempo comprido, a levedura começará a morrer e se separar – autólise – o que produz sabores e aromas de levedura, borracha, graxas ou carne. Por estas razões, é importante separar a cerveja do sedimento e da levedura inativa durante a fase de acondicionamento.



Figura 38 – Trub após fermentação. Fonte:

Bode 2010

### 2.2.8 Maturação

A prática da fermentação em 2 etapas requer entender bem o processo de fermentação. Em qualquer momento, trasfegar a cerveja pode prejudicá-la pela exposição potencial ao oxigênio e os riscos de contaminação. Trasfegá-la e separá-la do sedimento e da levedura primária antes de que a fase de fermentação primária tenha se completado, pode resultar em uma fermentação incompleta e em uma gravidade final muito alta.

É importante minimizar a quantidade de "headspace" (espaço de sobra) no fermentador secundário para evitar ou minimizar a exposição ao oxigênio até que o "headspace" possa ser purgado pela cerveja ainda fermentando. Por esta razão, as vasilhas de plástico não são boas para a fermentação secundária, a menos que a cerveja seja transferida justo quando a fase primária está começando a fazer-se mais lenta, e ainda borbulha em forma sustentada. Os melhores fermentadores secundários são os de "glass carboy". Os "plastic carboy" não funcionam bem porque são muito permeáveis ao oxigênio e produzem uma rarefação do gosto.



Figura 39 – Fermentador secundário.

Fonte: Bode 2010

O transpasse do fermentador primário pode fazer-se em qualquer momento depois de que a fermentação primária já tenha mais ou menos completado. (Embora se já tiver passado mais de 3 semanas já se pode engarrafar). Notar-se-á, provavelmente, um aumento na atividade depois do transpasse, mas logo toda atividade pode cessar. Isto é normal, não é fermentação primária em si mesmo, mas simplesmente o dióxido de carbono dissolvido que escapa da solução devido ao movimento. Na fermentação (acondicionamento) ainda se está produzindo, assim terá que deixá-la fazer seu trabalho. O mínimo tempo útil no fermentador secundário são 2 semanas.

Muito tempo no secundário (para light ales mais de 6 semanas), pode requerer a adição de levedura fresca no momento de engarrafar, para se conseguir uma boa carbonatação. Usar sempre a mesma variedade de levedura.

### **2.2.9 Priming**

Pode-se cevar com qualquer fermentável. Qualquer açúcar: branco de cana, açúcar negro, mel, melaço, até xarope de Arce. Os açúcares mais escuros podem deixar um gosto sutil (às vezes desejado), e são mais apropriados para as cervejas mais escuras e pesadas. Os açúcares simples, como o de cana ou milho, são usados



mais frequentemente, embora muitos fabricantes usam também extrato seco de malte.

É difícil cevar com mel porque se carece de um padrão para concentração. A gravidade do mel é distinta de uma vasilha para outro. Para usá-la, é necessário diluí-la e medir a gravidade com um hidrômetro. Para todos os açúcares em geral, buscase adicionar 2-3 pontos de gravidade por 3,8 litros de cerveja para cevar.

Aqui vai como se prepara e adiciona as soluções para priming: 1. Ferver 3/4 de taça de açúcar de milho (113,4 gr por peso), ou 2/3 de taça de açúcar branco, ou 1 e 1/4 taça de extrato de malte seco em 2 taças de água, e deixar esfriar.



Figura 40 – Sequencia para execução do priming

Fonte: Bode, 2010

### 2.2.10 Engarrafamento

O próximo passo é encher as garrafas. Colocar o tubo de enchimento do balde no fundo da garrafa. Encher lentamente ao princípio para evitar o borbulho, e manter o tubo de enchimento por debaixo da superfície do líquido para acautelar a aeração. Encher até perto de 3/4 polegada do bordo da garrafa. Colocar uma tampa esterilizada e tampar.

Finalmente, é importante manter a cerveja fora da luz do sol direta, especialmente se se usam garrafas verdes ou claras. A exposição à luz do sol ou de fluorescentes fará que a cerveja adquira um caráter como a gambá. É o resultado de uma reação fotoquímica com os compostos do lúpulo e os do sulfureto.



Figura 41 – Engarrafamento.

Fonte: Bode, 2010

### 2.2.11 Sanitização

A limpeza é a maior preocupação para a fabricação de cerveja. Providenciar boas condições de fermentação para a levedura na cerveja infelizmente também providencia boas condições para o crescimento de outros microrganismos, especialmente leveduras selvagens e bactérias. Por isso, boas condições de limpeza e sanitização devem ser mantidas ao longo de todo o processo de fabricação.

A definição (e o objetivo) da sanitização é a redução das bactérias e contaminantes a níveis insignificantes ou controláveis. Os termos limpeza, sanitização e esterilização são comumente usados como sinônimos, mas não deveriam ser. Há elementos que podem ser limpos, mas não sanitizados, e vice-versa.

Estas são as definições:

Limpar: Estar livre de sujeira, manchas ou elementos estranhos.

Sanitizar: Matar ou reduzir os microrganismos indesejáveis a níveis insignificantes.

Esterilizar: Eliminação de toda forma de vida, especialmente microrganismos, por meios químicos ou físicos.

A limpeza é o processo de tirar toda poeira e sujeira de uma superfície, eliminando assim todos os pontos que podem abrigar as bactérias. A limpeza geralmente se faz à mão e com detergente. Nenhum dos sanitizantes usados pelos cervejeiros elimina todas as bactérias, esporos e vírus. A maioria dos agentes químicos usados pelos fabricantes limpam e sanitizam, mas não esterilizam. Entretanto, a esterilização não é necessária. Ao invés de se preocupar com

esterilização, o cervejeiro pode considerar-se satisfeito se reduzir consistentemente estes contaminantes a níveis manejáveis.

Todos os sanitizantes devem ser usados sobre superfícies limpas. A capacidade do sanitizante de matar microorganismos é reduzida pela presença de sujeira e material orgânico. Depósitos de sujeira orgânica podem abrigar as bactérias e formam um escudo que evita que o sanitizante atue na superfície. Por isso você deve ter certeza que a superfície do item a ser desinfetado está tão limpa quanto possível.



Figura 42 – Sanitização de garrafas.

Fonte: Bode, 2010

### **2.2.12 Equipamentos para execução da fabricação de Cerveja Artesanal**

Para iniciar a fabricação de cerveja artesanal é imprescindível alguns equipamentos. Abaixo irei detalhar os equipamentos e a principal função durante a fabricação.

- Fogareiro industrial – Sua função é realizar o cozimento dos maltes para extração de açúcares e principalmente manter uma fervura constante e ativa durante o processo de fervura do mosto.



Figura 43 – Fogareiro industrial.  
Fonte: Bode, 2010

- Balança de precisão – Sua função é realizar a pesagem dos maltes, lúpulos, leveduras, açúcares para o prime e adjuntos de acordo com a elaboração da receita.



Figura 44 – Balança de precisão.  
Fonte: Bode, 2010

- Moedor de cereais – Sua função é realizar a moagem dos maltes para a extração dos açúcares durante a brasagem.



Figura 45 – Moedor.

Fonte: Bode, 2010

- Panelas com torneira para extração de líquidos – Sua função é realizar a mosturação e transferência do mosto durante o processo.



Figura 46 – Panela cervejeira.

Fonte: Bode, 2010

- Filtro de mostura (bazooka ou fundo falso) – Sua função é realizar a primeira contenção dos bagaços de malte após a brasagem deixando o mosto livre de partículas maiores.



Figura 47 – Filtro Bazooka

Fonte: Bode, 2010

- Pá cervejeira – Sua função é auxiliar a movimentação dos maltes/liquido durante a brasagem e fervura.



Figura 48 – Pá cervejeira.

Fonte: Bode, 2010

- Termômetro – Sua função é controlar a temperatura do mosto durante as etapas de fabricação da cerveja artesanal.



Figura 49 – Termômetro cervejeiro.

Fonte: Bode, 2010

- Jarra – Sua função é auxiliar na recirculação do mosto durante o processo de lavagem.



Figura 50 – Jarra graduada.

Fonte: Bode, 2010

- Escumadeira - Sua função é auxiliar na recirculação do mosto durante o processo de lavagem. Não permitindo a criação de caminhos para passagem do mosto.



Figura 51 – Escumadeira.

Fonte: Bode, 2010

- Chiller ou recipiente com gelo – Sua função é executar o resfriamento do mosto.



Figura 52 – Chiller.

Fonte: Bode, 2010



- Densímetro – Sua função é medir a densidade do mosto ao longo do processo de fabricação. Com o valor medido é possível verificar se a fabricação esta conforme o especificado na receita.



Figura 53 – Densímetro  
Fonte: Bode, 2010

- Baldes fermentador/maturação – Sua função é receber o mosto para a execução do processo de fermentação e maturação.



Figura 54 – Balde fermentador.  
Fonte: Bode, 2010

- Airlock – Sua função é permitir o escape do CO<sub>2</sub> produzido na fermentação e não permitir que O<sub>2</sub> entre durante a fermentação prevenindo risco de oxidação do mosto.



Figura 55 – Airlock.

Fonte: Bode, 2010

- Arrolhador de tampinhas – Sua função é durante o engarrafamento executar a selagem das tampinhas nas garrafas.



Figura 56 – Arrolhador de tampinha.

Fonte: Bode, 2010

- Sanitizador – Prevenir contaminação durante a fabricação da cerveja artesanal.



Figura 57 – Sanitizador.

Fonte: Bode, 2010

- Mangueira de silicone – Sua função é executar a transferência do mosto de uma panela para outra ou de um balde para outro.



Figura 58 – Mangueira de silicone.

Fonte: Bode, 2010

- Filtro – Sua função é realizar a filtragem de partículas durante todo o processo de fabricação afim de deixar a cerveja mais límpida ao final do processo.



Figura 59 – Filtro caseiro.

Fonte: Bode, 2010

### **2.2.13 Método Stephanou de classificação e avaliação de cervejas.**

Método Stephanou (Stephanizar a cerveja). Para classificação e avaliação de cervejas, criamos o método Stephanou. Pela análise sensorial classificatória, definimos o padrão da cerveja para consumo.

Pela percepção avaliatória, medimos a qualidade da cerveja na escala de pontuação (de 1 a 10). Em ambos critérios, proporcionalmente, deve ser considerado o perfil específico de cada tipo de cerveja.

CLASSIFICAÇÃO(Stephanou):

Classificamos a cerveja em três padrões:

- A – Boa Cerveja (nota entre 6,7-10);
- B – Cerveja Mediana (nota entre 3,4-6,6);
- C – Cerveja Ruim (nota entre 0-3,3)

As notas aplicadas são apenas três: 10 (1); 6,6 (2/3); e 3,3 (1/3). São, os seis quesitos, simbolizados por cada um dos cinco sentidos e mais um - o sexto:

V – Visão: aparência e cor do líquido, densidade da espuma, e leitura do rótulo para constatação de conformidade com o tipo de cerveja - a embalagem (garrafa, lata, barril, copo, etc.) e mídias, como a propaganda, ficam para a impressão geral;

A – Audição: prenúncio ou sinal de pressão da embalagem (medindo gás carbônico ao abri-la e servi-la), som de desmanche da espuma;

O – Olfato: aroma da cerveja, adequação do cheiro dos ingredientes;

P – Paladar: sabor, retro gosto, harmonizações;

T – Tato: forma, peso específico do líquido (medir a densidade), comportamento na boca, contato com a língua e céu da boca, temperatura indicada (avaliação);

E – Equilíbrio (sexto sentido): impressão geral, sensação sistêmica, avaliação de prazer e reputação (embalagem e propaganda).

Soma-se as seis notas, divide-se por seis, e o resultado é convertido em um dos três padrões.

Por exemplo, avaliando a cerveja Heineken em casco de 600ml, (nós) obtivemos: V=10; A=10; O=10; P=10; T=6,6; e E=10.

Total= 56,6 ÷ 6= 9,43 » padrão A

Heineken em casco de 600ml é uma Boa Cerveja.

| método Stephanou  |    |     |     |          |
|---|----|-----|-----|----------|
| classificação da cerveja: Heineken em casco de 600ml  |    |     |     |          |
| sentidos  | 10 | 6,6 | 3,3 | nota     |
| Visão (aparência)   | ☒  | ☹   | ☹   | 10       |
| Audição (prenúncio)   | ☒  | ☹   | ☹   | 10       |
| Olfato (aroma)  | ☒  | ☹   | ☹   | 10       |
| Paladar (sabor)   | ☒  | ☹   | ☹   | 10       |
| Tato (forma)  | ☺  | ☒   | ☹   | 6,6      |
| Equilíbrio (impressão)  | ☒  | ☹   | ☹   | 10       |
| total   |    |     |     | 56,6     |
| +6  |    |     |     | 9,43     |
| A – Boa Cerveja (nota entre 6,7-10);<br>B – Cerveja Mediana (nota entre 3,4-6,6);<br>C – Cerveja Ruim (nota entre 0-3,3). |    |     |     | <b>A</b> |

Figura 60 – Método Stephanou.

Fonte: Stephanou 2014

#### 2.4.13.1 Avaliação (Stephanou)

Para graduar uma cerveja, fizemos subdivisões nas notas já estabelecidas no processo de classificação. Cada uma das escalas de 1/3 é dividida em seis notas,

numa progressão aritmética. As notas, variam, de 0,55 em 0,55, não existindo nota 10 (dez) ou 0 (zero):

10 –9,9 (AA1); 9,35 (AA2); 8,8 (AB1); 8,25 (AB2); 7,7 (AC1); 7,15 (AC2);

6,6 –6,6 (BA1); 6,05 (BA2); 5,5 (BB1); 4,95 (BB2); 4,4 (BC1); 3,85 (BC2);

3,3 – 3,33 (CA1); 2,75 (CA2); 2,2 (CB1); 1,65 (CB2); 1,1 (CC1); 0,55 (CC2).

Assim, a Heineken em casco de 600ml, foi avaliada, em:

V=8,8; A=7,7; O=8,25; P=8,25; T=4,95; e E=8,8.

Total=  $46,75 \div 6 = 7,79$  (pontuação na escala de 1-10)

| método Stephanou                                 |                         |           |                 |
|--|-------------------------|-----------|-----------------|
| avaliação da cerveja: Heineken em casco de 600ml |                         |           |                 |
| sentidos   | nota                    | avaliação | tabela de notas |
| Visão (aparência)                                | 10                      | 8,80      | AA1= 9,9        |
|  |                         |           | AA2= 9,35       |
| Audição (prenúncio)                              | 10                      | 7,70      | AB1= 8,8        |
|  |                         |           | AB2= 8,25       |
| Olfato (aroma)                                   | 10                      | 8,25      | AC1= 7,7        |
|  |                         |           | AC2= 7,15       |
| Paladar (sabor)                                  | 10                      | 8,25      | BA1= 6,6        |
|  |                         |           | BA2= 6,05       |
| Tato (forma)                                     | 6,66                    | 4,95      | BB1= 5,5        |
|  |                         |           | BB2= 4,95       |
| Equilíbrio (impressão)                           | 10                      | 8,80      | BC1= 4,4        |
|  |                         |           | BC2= 3,85       |
|  |                         |           | CA1= 3,33       |
|  |                         |           | CA2= 2,75       |
|  |                         |           | CB1= 2,2        |
|  |                         |           | CB2= 1,65       |
|  |                         |           | CC1= 1,1        |
|  |                         |           | CC2= 0,55       |
|  | total                   | 46,75     |                 |
|  |                         | +6        |                 |
|  |                         |           | <b>7,79</b>     |
|  | Avaliação (escala 1-10) |           |                 |

Figura 61 – Exemplo de utilização do método.

Fonte: Stephanou 2014

## 2.3 Lean seis sigma

### 2.3.1 Mapeamento do fluxo de valor

De acordo com (Cruz Felipe, 2017) esta é uma ferramenta oriunda da doutrina Lean que tem por finalidade representar (por meio gráfico) todos os processos de um produto ou serviço. Nesta representação objetiva-se evidenciar o fluxo de valor da cadeia e desta forma apontar processos aos quais não agreguem valor ao produto final e que também possa ser dispensável, pois certas vezes operações que não geram valor ao produto não podem ser eliminados pois são essenciais ao processo, como por exemplo o transporte interno de matérias dentro de uma fábrica, ele não pode ser eliminado pois sem ele seria impossível alimentar a cadeia produtiva, porém podemos ameniza-lo com ferramentas já informadas antes como o estudo de *Layout*.

Este tipo de mapeamento pode ser aplicado tanto a valores quanto a informações. Abaixo seguem algumas simbologias da ferramenta e um exemplo de mapeamento do fluxo de valor.

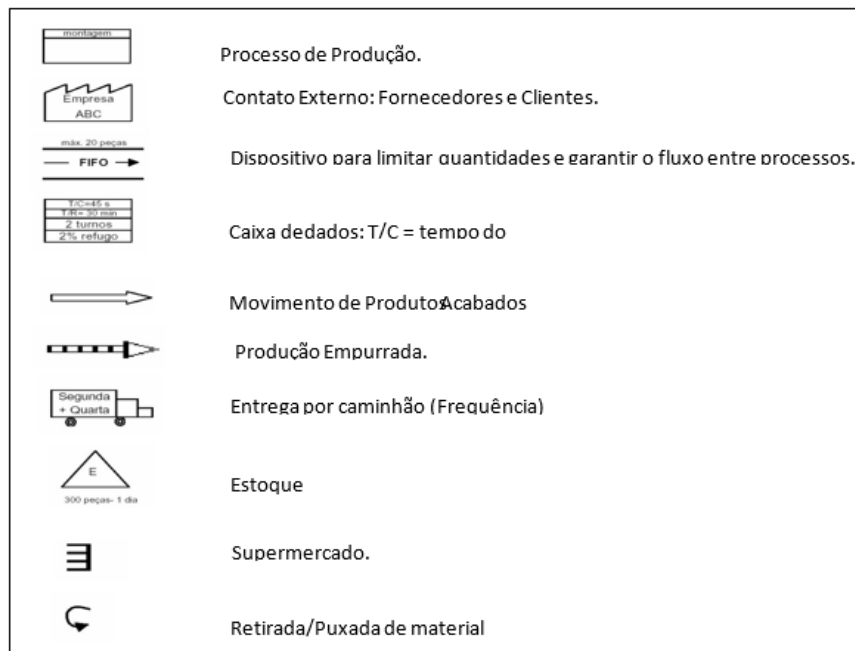


Figura 62 – Ícones de Materiais.

Fonte: Felipe 2016

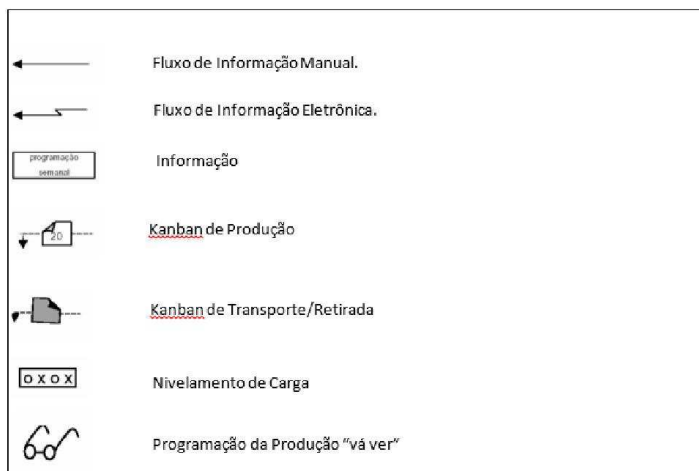


Figura 63 – Ícones de Informação.

Fonte: Felipe 2016

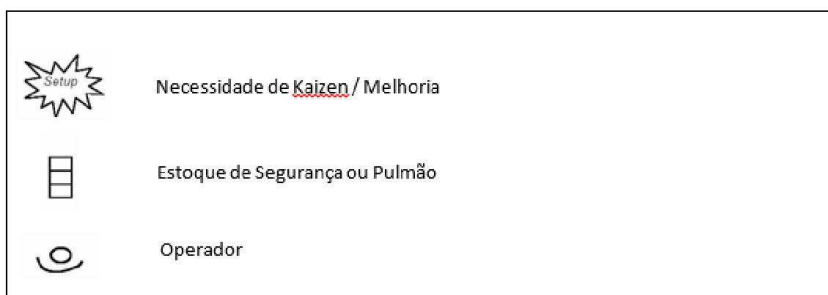


Figura 64 – Ícones Gerais.

Fonte: Felipe 2016

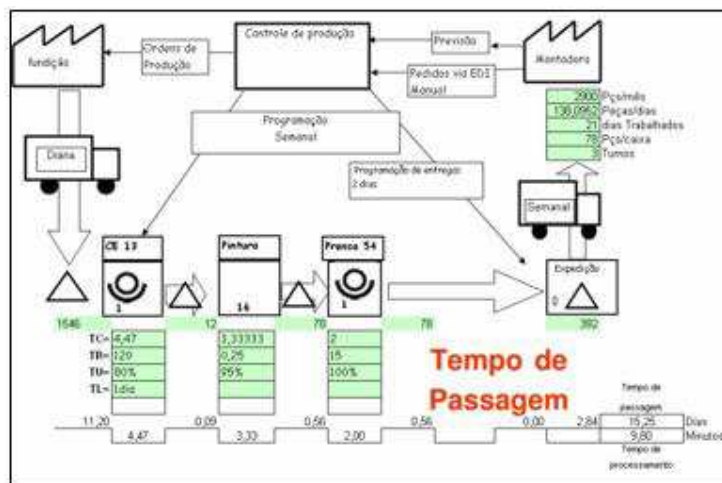


Figura 65 - Mapeamento de Fluxo – Estado atual (exemplo).

Fonte: Felipe 2016



## 2.4 Ferramentas da Qualidade

### 2.4.1 Diagrama de Pareto

É um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências, da maior para a menor, possibilitando a preordenação dos problemas. Indica ainda a curva de percentagens acumuladas, a maior utilidade deste diagrama é a de permitir uma fácil visualização e reconhecimento das causas ou problemas mais relevantes, possibilitando a centralização de esforços sobre os mesmos. É uma das ferramentas mais eficientes para identificar problemas, melhorar a visualização, confirmar os resultados, comparar o antes e depois do problema e identificar itens que são responsáveis pelos impactos eliminando as causas.

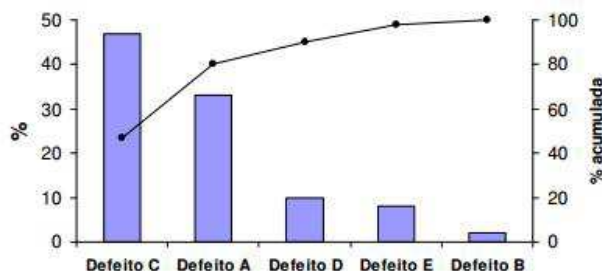


Figura 66 – Exemplo de Diagrama de Pareto.

Fonte: Madeira. 2013

### 2.4.2 Diagrama de Causa e Efeito

Foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa em 1953, na Universidade de Tóquio, para representar a relação entre alguns efeitos que poderiam ser medidos e o conjunto de possíveis causas que produzem o efeito. O diagrama causa e efeito é uma representação gráfica que permite visualizar facilmente a cadeia de causas e efeitos do problema. O diagrama mostra a relação entre as características da qualidade e os factores e representa a relação entre o efeito de todas as possibilidades de causas que contribui ara esse efeito. Para cada um dos efeitos existem inúmeras causas dentro das categorias como as 6 M'S: método, mão-de-obra, matéria-prima, máquinas, mensuração e meio ambiente. Através de uma lista de possíveis causas as mais prováveis são identificadas e seleccionadas ara uma melhor análise. Examinando cada causa, observa-se os factos que mudaram, como por exemplo, desvios de norma ou dos padrões. Este diagrama tem a forma de uma espinha de

peixe e resulta da forma na qual as diversas causas se dispõem no diagrama. O objectivo deste diagrama é identificar e solucionar falhas.

Componentes para construir o diagrama de causa e efeito:

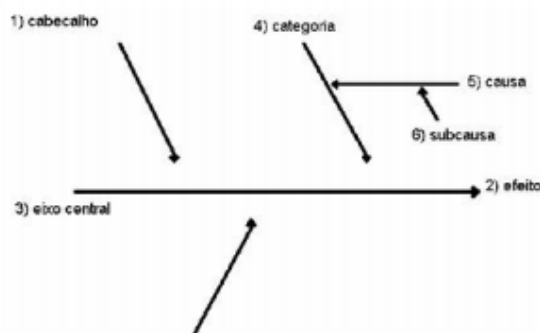


Figura 67 – Construção de Diagrama de causa e efeito.

Fonte: Madeira. 2013

|              |   |
|--------------|---|
| CABEÇALHO    | Contém título, data e autor   |
| EFEITO       | Contém o indicador e qualidade e o enunciado do projecto. É escrito no lado direito, desenhado no meio da folha.  |
| EIXO CENTRAL | Uma flecha horizontal, desenhada de forma a apontar para o efeito. Usualmente desenhada no meio da folha  |
| CATEGORIA    | Representa os principais grupos de factores relacionados com efeito. As flechas são desenhadas inclinadas, as pontas convergindo para o eixo central            |
| CAUSA        | Causa potencial, dentro de uma categoria que pode contribuir com o efeito. As flechas são desenhadas em linhas horizontais, apontando para o ramo de categoria. |
| SUBCAUSA     | Causa potencial que pode contribuir com uma causa específica. São ramificações de uma causa.  |

Figura 68 – Exemplo de construção do Diagrama. .

Fonte: Madeira. 2013

| RAZÕES  | BENEFÍCIOS  |
|---|---|
| ❖ Identificar as informações a respeito das causas do seu problema.   | ❖ Ajuda a enfocar o aperfeiçoamento do processo                                   |
| ❖ Organizar e documentar as causas potenciais de um efeito.   | ❖ Regista visualmente as causas potenciais que podem ser revistas e atualizadas . |
| ❖ Indicar o relacionamento de cada causa e subcausa às demais e ao efeito ou característica de qualidade.     | ❖ Prevê uma estrutura para o brainstorming. (1)                                   |
| ❖ Reduzir a tendência de procurar uma causa em prejuízo do desconhecido ou esquecimento de causas potenciais. | ❖ Envolve todos.  |

Figura 69 - Razões e Benefícios do diagrama de causa e efeito.

Fonte: Madeira. 2013

## 2.5 Eficiência e Eficácia.

De acordo com (NBR ISSO 9000, 2005) **eficácia** é a extensão na qual as atividades planejadas são realizadas e os resultados planejados, alcançados.

E a **eficiência** é a relação entre o resultado alcançado e os recursos usados. Para uma correta avaliação de qualquer ação ou processo, é fundamental que tanto o conceito de eficiência como o de eficácia sejam bem claros.

Imaginem um programa de manufatura enxuta aplicado a uma fábrica. Se o programa cumprir o cronograma, consumir os recursos previstos e atingir as pessoas certas, ele terá sido Eficiente. E se, além disso, ele resultar no aumento dos lucros da empresa, então ele terá sido Eficaz.

### **3. METODOLOGIA**

Através da metodologia seis sigma e a utilização das ferramentas da Qualidade foi desenvolvido um estudo baseado na baixa eficiência e maior consumo de insumos durante o processo de fabricação de cerveja artesanal que em 5 receitas fabricadas ficou com uma média de 57,2% onde o satisfatório é 75%. Para o cálculo de eficiência média do processo de fabricação foi levado em consideração os resultados encontrados nas etapas de mosturação, fervura e maturação, medindo a eficiência do controle de temperatura, litros ideal em cada processo e a densidade do mosto.

O método de avaliação final da cerveja pronta foi definido por avaliação sensorial dos parâmetros de aroma, sabor, textura, cor e amargor através do visual e avaliação de gustativa.

#### 4. RESULTADOS

Time multidisciplinar para conduzir o desenvolvimento do projeto;

- Green Belts: Bruno Furlaneto (Cervejeiro Caseiro);
- Champion do projeto: Lucas Zaina (Cervejeiro Caseiro);
- Dono do Processo: Jairo Zaina (Cervejeiro Caseiro);
- Previsão de Fechamento do Projeto: 14 de Janeiro de 2017.

**CLASSIFICAÇÃO DO PROJETO**: Estudo do processo de fabricação de cerveja artesanal com eficiência média de 57,2%.

**VOZ DO CLIENTE**: Baixa eficiência do processo de fabricação de cerveja artesanal.  
**Especificado**: Mínimo 75% / **Encontrado**: 57,2%.

**DEFINIÇÃO CTC (Requisito do Cliente)**: Eficiência do processo e maior consumo de insumos.

**DEFINIÇÃO DO DEFEITO para Y (Métrica)**: Etapas do processo de fabricação geram desperdício de matéria-prima, como água, lúpulo e malte. E alguns erros que afetando diretamente no sabor, aroma e aspectos visuais como cor.

**COPQ (CUSTO DA FALTA DE QUALIDADE)**: Custo excessivo de matéria-prima.

| INVESTIMENTO VARIÁVEL (Material Prima) |                |       |                |                   |
|--|----------------|-------|----------------|-------------------|
| COD.                                   | DESCRIÇÃO      | Qtde. | Valor Unitário | Total             |
| 1                                      | Galão de agua  | 2,5   | R\$ 13,00      | R\$ 32,50         |
| 2                                      | Malte Base     | 1     | R\$ 26,93      | R\$ 26,93         |
| 3                                      | Malte Especial | 4     | R\$ 13,20      | R\$ 52,80         |
| 4                                      | Lupulos        | 2     | R\$ 13,20      | R\$ 26,40         |
| 5                                      | Levedura       | 1     | R\$ 13,89      | R\$ 13,89         |
|  |                |       |                | R\$ -             |
| <b>Total variavel</b>                  |                |       |                | <b>R\$ 152,52</b> |

Figura 70 – Lista de matéria-prima e consumíveis.

**DEFINIÇÃO DO PROBLEMA, ESCOPO E OBJETIVO:** A eficiência do processo de fabricação atual não atende os requisitos de menor custo em matéria-prima, menor geração de defeitos no aroma, sabor e no aspecto visual. O escopo do projeto é atuar no processo de fabricação baseado no histórico das 5 receitas realizadas até o momento.

### DESDOBRAMENTO DO PROBLEMA:

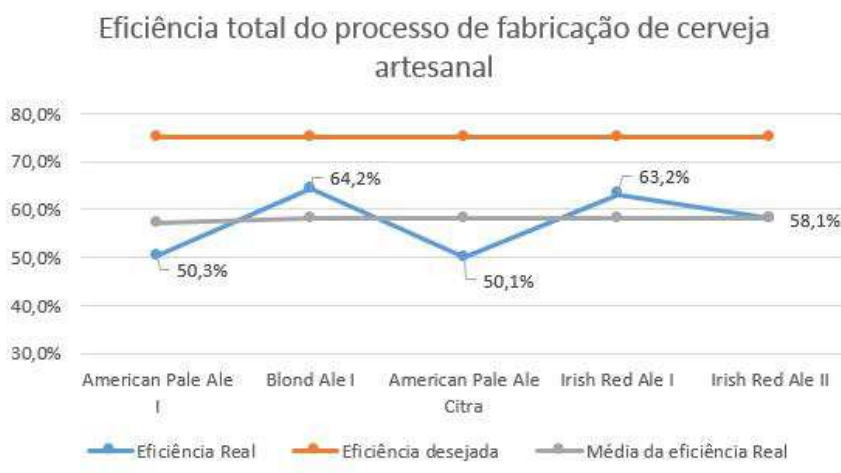


Figura 71 – Gráfico de eficiência total do processo de fabricação.

| Método Stephanou                              |     |     |     |              |
|---|-----|-----|-----|--------------|
| Classificação da cerveja: American Pale Ale I |     |     |     |              |
| Sentidos                                      | 10  | 6,6 | 3,3 | Nota         |
| Visão (Aparência)                             | 😊😊😊 | 😊😊  | 😊   | 3,3          |
| Audição (Prenúncio)                           | 😊😊😊 | 😊😊  | 😊   | 3,3          |
| Olfato (Aroma)                                | 😊😊😊 | 😊😊  | 😊   | 6,6          |
| Paladar (Sabor)                               | 😊😊😊 | 😊😊  | 😊   | 3,3          |
| Tato (Forma)                                  | 😊😊😊 | 😊😊  | 😊   | 6,6          |
| Equilíbrio (Impressão)                        | 😊😊😊 | 😊😊  | 😊   | 6,6          |
|   |     |     |     | <b>Total</b> |
|   |     |     |     | 29,7         |
|   |     |     |     | <b>/6</b>    |
|   |     |     |     | 4,95         |
| A- Boa cerveja (nota entre 6,7-10);           |     |     |     | <b>B</b>     |
| B- Cerveja Mediana (nota entre 3,4-6,6);      |     |     |     |              |
| C- Cerveja Ruim (nota entre 0-3,3);           |     |     |     |              |

| CÁLCULO DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO TOTAL         |              |            |              |              |
|---|--------------|------------|--------------|--------------|
| EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE MOAGEM/BRASSAGEM      |              |            |              |              |
| Item  | Especificado | Encontrado | unidade      | Contribuição |
| Controle de temperatura                         | 2            | 10         | °C           | 20,0         |
| Rendimento máximo do 1º malte                   | 38           | 47         | PPG          | 65,7         |
| Rendimento máximo do 2º malte                   | 0            | 0          | PPG          |              |
| Rendimento máximo do 3º malte                   | 0            | 0          | PPG          |              |
| Rendimento máximo dos maltes                    | 39           | 47         | PPG          | 70,4         |
| OG  | 37,00        | 71         |              |              |
| Litragem após brassagem                         | 11,35        | 5          |              |              |
|   |              |            | <b>TOTAL</b> | 70,4         |
| EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERVEURA              |              |            |              |              |
| OG  | 47,00        | 65         |              | 74,6         |
| Litragem após fervera                           | 6,97         | 3,96       |              | 56,6         |
|   |              |            | <b>TOTAL</b> | 74,6         |
| EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO/MATURACÃO |              |            |              |              |
| FG  | 12           | 33         |              | 36,4         |
| Litragem final da receita                       | 3            | 2,3        |              | 44,0         |
| Controle de temperatura                         | 2            | 4          | °C           | 50,0         |
|   |              |            | <b>TOTAL</b> | 50,0         |
| PREENCHER OS CAMPOS EM AMARELO                  |              |            |              |              |
| EFICIÊNCIA FINAL DO PROCESSO                    |              |            |              |              |
| ITEM  | %            |            |              |              |
| DENSIDADE                                       | 58,9         |            |              |              |
| LITRAGEM  | 57,1         |            |              |              |
| CONTROLE DE TEMPERATURA                         | 35,0         |            |              |              |
| <b>EFICIÊNCIA TOTAL DO PROCESSO</b>             | <b>50,3</b>  |            |              |              |

Figura 72 – Dados de eficiência da receita American Pale Ale I.

| Método Stephanou   |    |     |     |       | CÁLCULO DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO TOTAL    |   |            |         |              |      |
|--|----|-----|-----|-------|--|---|------------|---------|--------------|------|
| Classificação da cerveja: Blond Ale I  |    |     |     |       | EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE MOAGEM/BRASSAGEM |   |            |         |              |      |
| Sentidos   | 10 | 6,6 | 3,3 | Nota  | Item                                       | Especificado                                    | Encontrado | unidade | Contribuição |      |
| Visão (Aparência)  | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 6,6   | Controle de temperatura                    | 2   | 4          | °C      | 50,0         |      |
| Audição (Prenúncio)  | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 3,3   | Rendimento máximo do 1º malte              | 38  | 47         | PPG     | 98,6         |      |
| Olfato (Aroma)   | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 10    | Rendimento máximo do 2º malte              | 0   | 0          | PPG     |              |      |
| Paladar (Sabor)  | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 6,6   | Rendimento máximo do 3º malte              | 0   | 0          | PPG     |              |      |
| Tato (Forma)   | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 3,3   | Rendimento máximo dos maltes               | 39  | 47         | PPG     | 70,4         |      |
| Equilíbrio (Impressão)   | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 6,6   | OG   | 55,00   | 46         | TOTAL   |              |      |
|  |    |     |     | Total |  | 11,36   | 8          |         |              |      |
|  |    |     |     | /6    |  |   |            |         | 6,06667      |      |
| A- Boa cerveja (nota entre 6,7-10);<br>B- Cerveja Mediana (nota entre 3,4-6,6);<br>C- Cerveja Ruim (nota entre 0-3,3); |    |     |     |       | <b>B</b>                                   | EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERVEURA              |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       |  | OG  | 65,00      | 60      | TOTAL        | 92,3 |
|  |    |     |     |       |  | Litragem após fervura                           | 6,97       | 5       |              | 71,7 |
|  |    |     |     |       |  | EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO/MATURACÃO |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       |  | FG  | 10         | 25      | TOTAL        | 40,0 |
|  |    |     |     |       | Litragem final da receita                  | 5   | 4          |         | 80,0         |      |
|  |    |     |     |       | Controle de temperatura                    | 2   | 6          | °C      | 33,3         |      |
|  |    |     |     |       | PREENCHER OS CAMPOS EM AMARELO             |   |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | EFICIÊNCIA FINAL DO PROCESSO               |   |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | ITEM                                       | %   |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | DENSIDADE                                  | 77,0  |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | LITRAGEM                                   | 74,1  |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | CONTROLE DE TEMPERATURA                    | 47,7  |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | <b>EFICIÊNCIA TOTAL DO PROCESSO</b>        | <b>64,2</b>                                     |            |         |              |      |

Figura 73 – Dados de eficiência da receita Blond Ale I.

| Método Stephanou   |    |     |     |       | CÁLCULO DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO TOTAL    |   |            |         |              |      |
|--|----|-----|-----|-------|--|---|------------|---------|--------------|------|
| Classificação da cerveja: American Pale Ale Cídra  |    |     |     |       | EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE MOAGEM/BRASSAGEM |   |            |         |              |      |
| Sentidos   | 10 | 6,6 | 3,3 | Nota  | Item                                       | Especificado                                    | Encontrado | unidade | Contribuição |      |
| Visão (Aparência)  | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 3,3   | Controle de temperatura                    | 2   | 7          | °C      | 28,6         |      |
| Audição (Prenúncio)  | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 6,6   | Rendimento máximo do 1º malte              | 38  | 44         | PPG     | 48,6         |      |
| Olfato (Aroma)   | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 3,3   | Rendimento máximo do 2º malte              | 0   | 0          | PPG     |              |      |
| Paladar (Sabor)  | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 6,6   | Rendimento máximo do 3º malte              | 0   | 0          | PPG     |              |      |
| Tato (Forma)   | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 3,3   | Rendimento máximo dos maltes               | 39  | 44         | PPG     | 74,3         |      |
| Equilíbrio (Impressão)   | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 6,6   | OG   | 37,00   | 33         | TOTAL   |              |      |
|  |    |     |     | Total |  | 11,36   | 8,44       |         |              |      |
|  |    |     |     | /6    |  |   |            |         | 4,95         |      |
| A- Boa cerveja (nota entre 6,7-10);<br>B- Cerveja Mediana (nota entre 3,4-6,6);<br>C- Cerveja Ruim (nota entre 0-3,3); |    |     |     |       | <b>B</b>                                   | EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERVEURA              |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       |  | OG  | 47,00      | 77      | TOTAL        | 61,0 |
|  |    |     |     |       |  | Litragem após fervura                           | 6,97       | 3,3     |              | 44,9 |
|  |    |     |     |       |  | EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO/MATURACÃO |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       |  | FG  | 12         | 40      | TOTAL        | 30,0 |
|  |    |     |     |       | Litragem final da receita                  | 5   | 2,5        |         | 50,0         |      |
|  |    |     |     |       | Controle de temperatura                    | 2   | 3          | °C      | 66,7         |      |
|  |    |     |     |       | PREENCHER OS CAMPOS EM AMARELO             |   |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | EFICIÊNCIA FINAL DO PROCESSO               |   |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | ITEM                                       | %   |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | DENSIDADE                                  | 46,6  |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | LITRAGEM                                   | 56,3  |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | CONTROLE DE TEMPERATURA                    | 47,6  |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | <b>EFICIÊNCIA TOTAL DO PROCESSO</b>        | <b>50,1</b>                                     |            |         |              |      |

Figura 74 – Dados de eficiência da receita American Pale Ale Citra.

| Método Stephanou   |    |     |     |       | CÁLCULO DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO TOTAL    |   |            |         |              |      |
|--|----|-----|-----|-------|--|---|------------|---------|--------------|------|
| Classificação da cerveja: Irish Red Ale I  |    |     |     |       | EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE MOAGEM/BRASSAGEM |   |            |         |              |      |
| Sentidos   | 10 | 6,6 | 3,3 | Nota  | Item                                       | Especificado                                    | Encontrado | unidade | Contribuição |      |
| Visão (Aparência)  | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 10    | Controle de temperatura                    | 2   | 3          | °C      | 40,0         |      |
| Audição (Prenúncio)  | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 6,6   | Rendimento máximo do 1º malte              | 38  | 39         | PPG     | 62,7         |      |
| Olfato (Aroma)   | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 6,6   | Rendimento máximo do 2º malte              | 0   | 0          | PPG     |              |      |
| Paladar (Sabor)  | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 6,6   | Rendimento máximo do 3º malte              | 0   | 0          | PPG     |              |      |
| Tato (Forma)   | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 6,6   | Rendimento máximo dos maltes               | 39  | 39         | PPG     | 84,5         |      |
| Equilíbrio (Impressão)   | 🟢  | 🟡   | 🔴   | 6,6   | OG   | 42,00   | 62         | TOTAL   |              |      |
|  |    |     |     | Total |  | 11,36   | 9,6        |         |              |      |
|  |    |     |     | /6    |  |   |            |         | 7,16667      |      |
| A- Boa cerveja (nota entre 6,7-10);<br>B- Cerveja Mediana (nota entre 3,4-6,6);<br>C- Cerveja Ruim (nota entre 0-3,3); |    |     |     |       | <b>A</b>                                   | EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERVEURA              |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       |  | OG  | 52,00      | 45      | TOTAL        | 86,3 |
|  |    |     |     |       |  | Litragem após fervura                           | 6,97       | 6,13    |              | 87,9 |
|  |    |     |     |       |  | EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO/MATURACÃO |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       |  | FG  | 13         | 33      | TOTAL        | 36,4 |
|  |    |     |     |       | Litragem final da receita                  | 3   | 3,8        |         | 76,0         |      |
|  |    |     |     |       | Controle de temperatura                    | 2   | 4          | °C      | 50,0         |      |
|  |    |     |     |       | PREENCHER OS CAMPOS EM AMARELO             |   |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | EFICIÊNCIA FINAL DO PROCESSO               |   |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | ITEM                                       | %   |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | DENSIDADE                                  | 61,9  |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | LITRAGEM                                   | 82,8  |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | CONTROLE DE TEMPERATURA                    | 45,0  |            |         |              |      |
|  |    |     |     |       | <b>EFICIÊNCIA TOTAL DO PROCESSO</b>        | <b>63,2</b>                                     |            |         |              |      |

Figura 75 – Dados de eficiência da receita Irish Red Ale I.

| Método Stephanou   |    |     |     |          |
|--|----|-----|-----|----------|
| Classificação da cerveja: Irish Red Ale I  |    |     |     |          |
| Sentidos   | 10 | 6,6 | 3,3 | Nota     |
| Visão (Aparência)  | 😊  | 😐   | 😞   | 10       |
| Audição (Prenúncio)  | 😊  | 😐   | 😞   | 6,6      |
| Olfato (Aroma)   | 😊  | 😐   | 😞   | 3,3      |
| Paladar (Sabor)  | 😊  | 😐   | 😞   | 6,6      |
| Tato (Forma)   | 😊  | 😐   | 😞   | 3,3      |
| Equilíbrio (Impressão)   | 😊  | 😐   | 😞   | 6,6      |
| Total  |    |     |     | 36,4     |
| /6   |    |     |     | 6,06667  |
| A- Boa cerveja (nota entre 6,7-10);<br>B- Cerveja Mediana (nota entre 3,4-6,6);<br>C- Cerveja Ruim (nota entre 0-3,3); |    |     |     | <b>B</b> |

| CALCULO DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO TOTAL         |              |            |              |
|---|--------------|------------|--------------|
| EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE MOAGEM/BRASSAGEM      |              |            |              |
| Item  | Especificado | Encontrado | Contribuição |
| Controle de temperatura                         | 2            | 5          | C*           |
| Rendimento máximo do 1º malte                   | 36           | 45         | PPG          |
| Rendimento máximo do 2º malte                   | 0            | 0          | PPG          |
| Rendimento máximo do 3º malte                   | 0            | 0          | PPG          |
| Rendimento máximo dos maltes                    | 39           | 48         | PPG          |
| OS  | 42,00        | 71         | TOTAL        |
| Litragem após brassagem                         | 11,36        | 8,2        |              |
| 72,2  |              |            |              |
| EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERVEURA              |              |            |              |
| OS  | 52,00        | 58         | 89,7         |
| Litragem após fervura                           | 6,97         | 5,12       | TOTAL        |
| 79,5  |              |            |              |
| EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO/MATURACÃO |              |            |              |
| FG  | 12           | 36         | 33,3         |
| Litragem final da receita                       | 5            | 3,5        | TOTAL        |
| 70,0  |              |            |              |
| Controle de temperatura                         | 2            | 5          | C*           |
| 40,0  |              |            |              |
| PREENCHER OS CAMPOS EM AMARELO                  |              |            |              |
| EFICIÊNCIA FINAL DO PROCESSO                    |              |            |              |
| ITEM  | %            |            |              |
| DENSIDADE                                       | 62,4         |            |              |
| LITRAGEM  | 71,9         |            |              |
| CONTROLE DE TEMPERATURA                         | 40,0         |            |              |
| <b>EFICIÊNCIA TOTAL DO PROCESSO</b>             | <b>58,1</b>  |            |              |

Figura 76 – Dados de eficiência da receita Irish Red Ale II.

○ Mapeamento do Processo

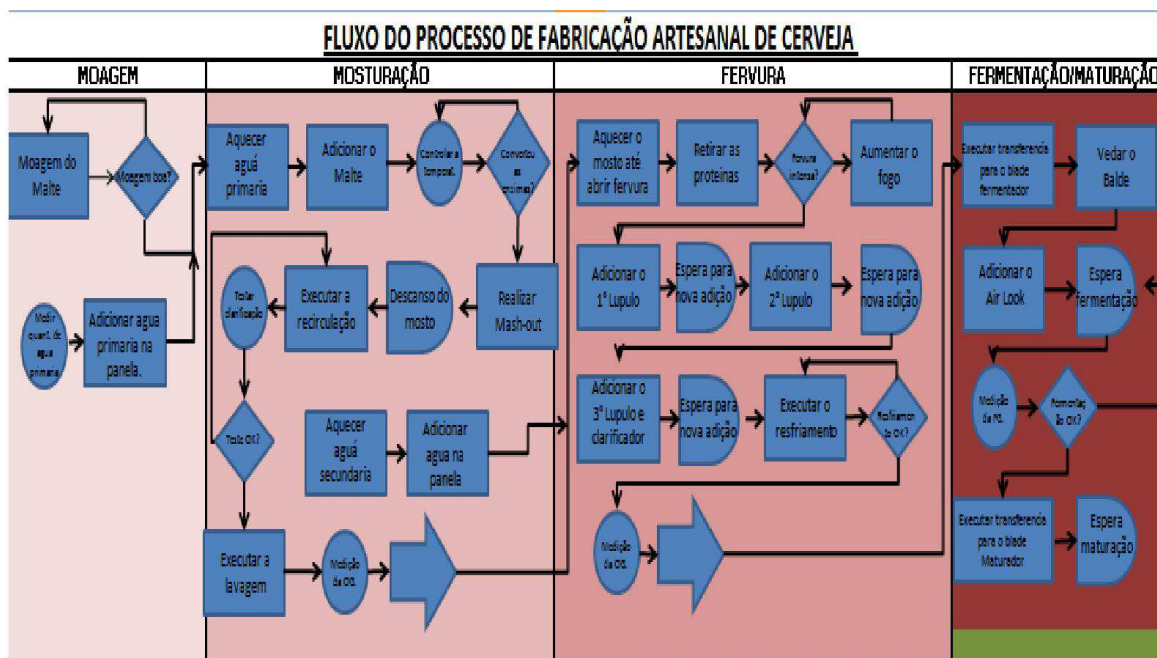


Figura 77 – Mapeamento do processo de fabricação artesanal de cerveja.



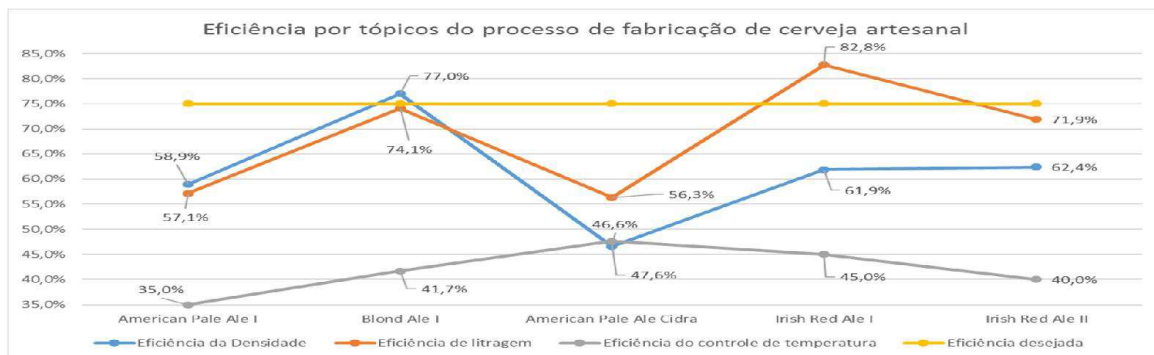


Figura 78 – Gráfico de eficiência por tópico de cada processo.

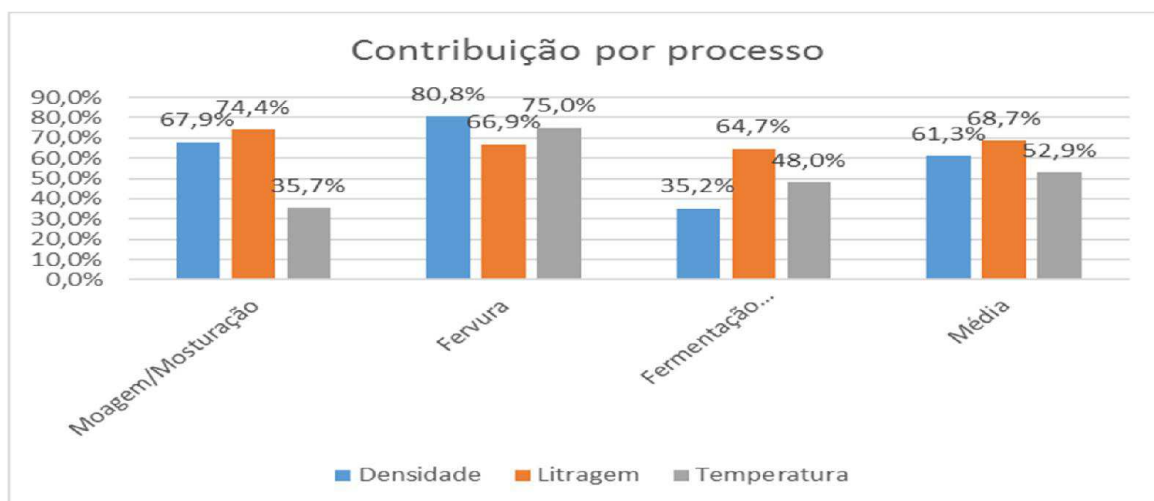


Figura 79 – Gráfico de contribuição em cada processo.

○ Diagrama de Causas e efeitos:

De acordo com o levantamento realizado através do gráfico de contribuição por processo (figura 79) nota-se que as principais perdas estão relacionadas a densidade e temperatura. Baseado neste dado foi realizado o diagrama de causas e efeitos conforme abaixo.

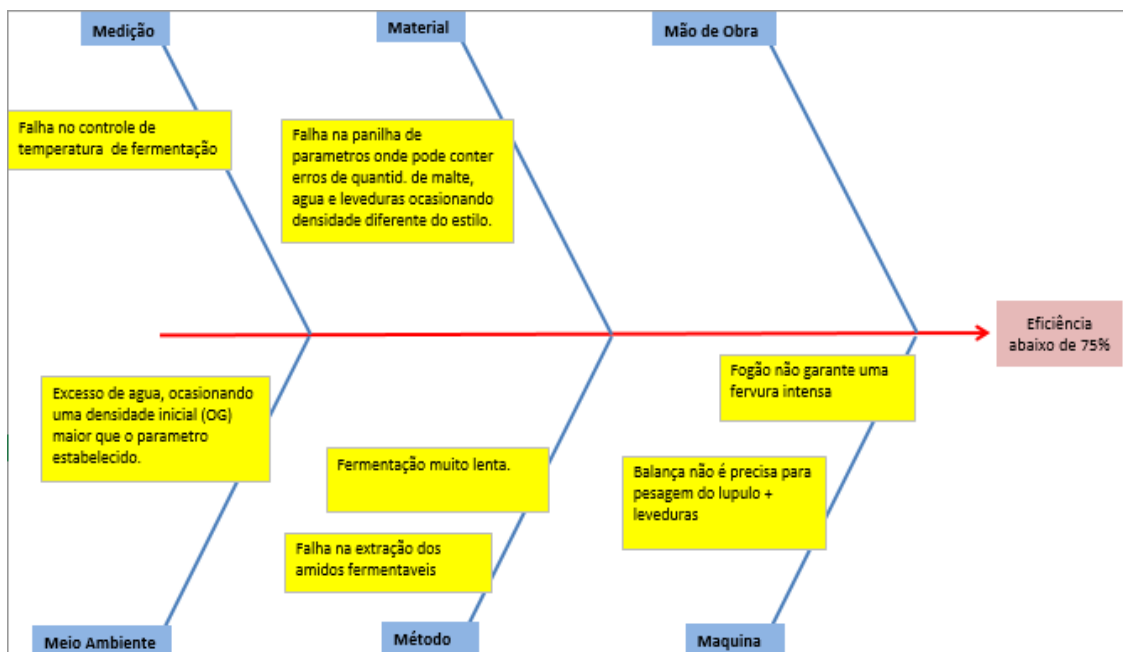


Figura 80 – Diagrama de falha Densidade.

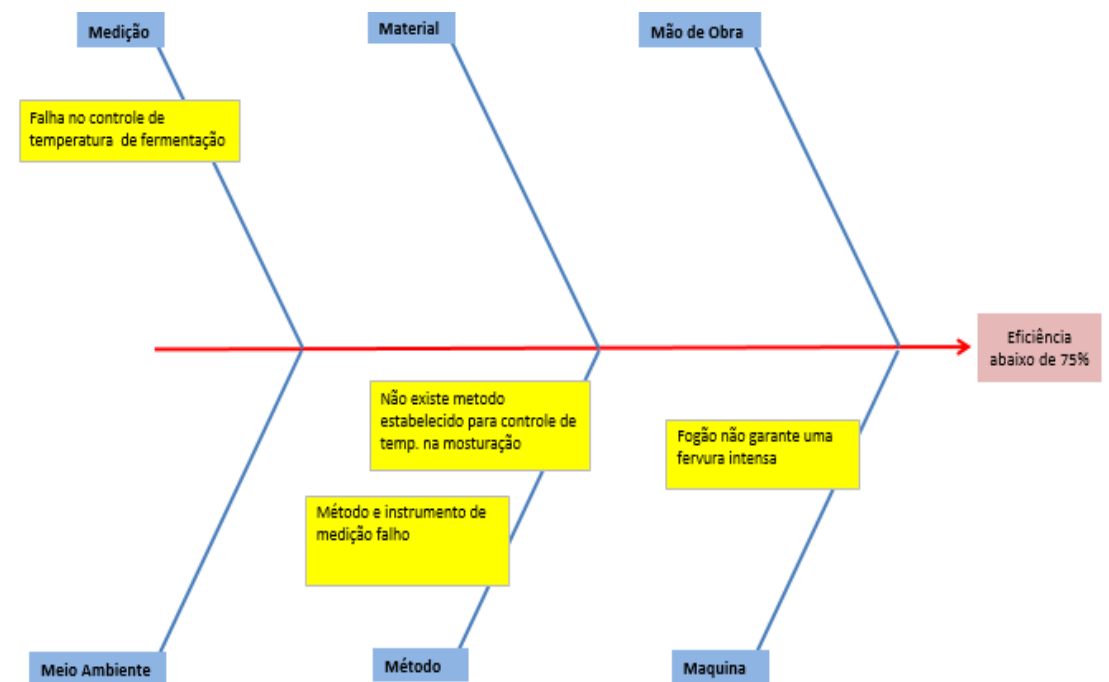


Figura 81 – Diagrama de falha temperatura.

Após a análise de causa foi realizado a matriz de causa onde a finalidade é identificar as possíveis causas que tem maior contribuição para a falta de eficiência:

| Pontuação para análise |  | MATRIZ DE CAUSA E EFEITO |             |     |
|------------------------|--|--------------------------|-------------|-----|
| 3 - Alto Impacto       |  |                          |             |     |
| 3 - Médio Impacto      |  |                          |             |     |
| 1 - Baixo Impacto      |  |                          |             |     |
| Impacto                |  | 9                        | 9           |     |
|                        |  | Densidade                | Temperatura |     |
| Possíveis Causas       |  |                          |             |     |
| 1                      | Não existe controle de temperatura durante a fermentação                       | 9                        | 9           | 162 |
| 2                      | Não existe método estabelecido para controle de temp. na mosturação            | 9                        | 9           | 162 |
| 3                      | Fogão não tem potência suficiente para elevar temperatura durante a maturação. | 3                        | 1           | 36  |
| 4                      | Excesso de água, ocasionando uma densidade inicial (OG) maior que o            | 3                        | 3           | 54  |
| 5                      | Falha na extração dos amidos fermentáveis                                      | 3                        | 9           | 108 |
| 6                      | Fermentação muito lenta.   | 9                        | 3           | 108 |
| 7                      | Fogão não garante uma fervura intensa  | 3                        | 3           | 54  |
| 8                      | Falha na panela de parâmetros onde pode conter erros de quantid. de malte,     | 9                        | 1           | 90  |
| 9                      | Balança não é precisa para pesagem do lupulo + leveduras                       | 9                        | 1           | 90  |
| Total                  |  | 57                       | 39          | 864 |

Figura 82 – Matriz de causa e efeito.

De acordo com matriz foi elaborado um Pareto para melhor visualização das prováveis causas que mais impactam no resultado da baixa eficiência.

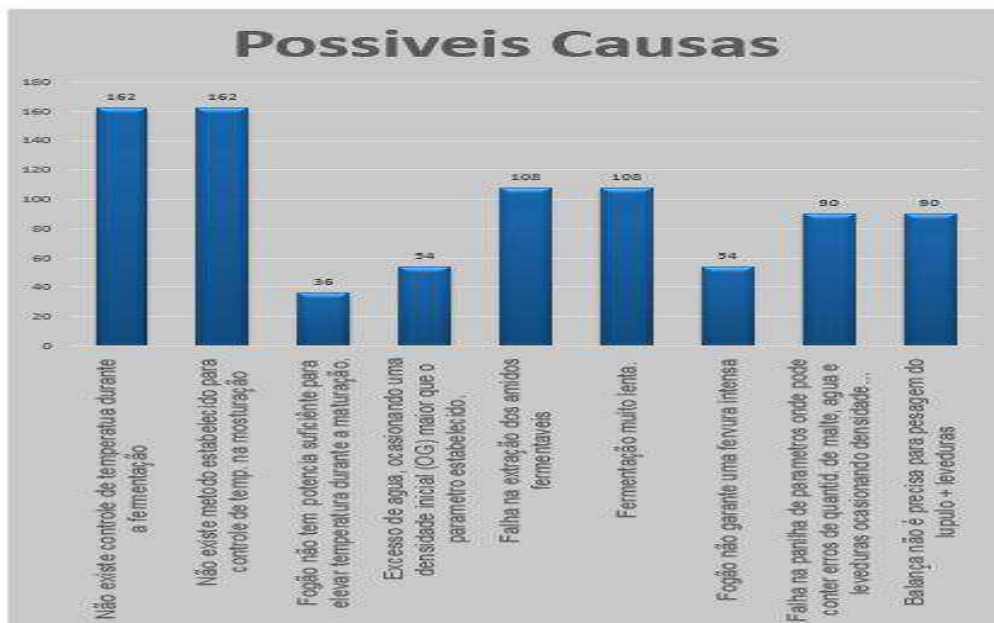


Figura 83 – Gráfico: prováveis causas.

Conforme o gráfico(figura 83) mostra as duas principais possíveis causas são **“Não existe controle de temperatura durante a fermentação”** e **“Não existe método estabelecido para controle de temperatura na mosturação”**.

Para cada possível causa realizamos a análise de validação das mesmas e seus principais motivos que contribuíram com a baixa eficiência e maior consumo de insumos no processo de fabricação de cerveja artesanal.

#### **X<sub>1</sub> – Não existe controle de temperatura durante a fermentação**

Conforme constatado, o processo de fermentação é realizado naturalmente, ou seja, não existe nenhum equipamento que monitora ou compensa a variação de temperatura durante a fermentação. Com isso, foi observado um ponto crítico que justifica a baixa eficiência de temperatura no processo de fermentação.

Durante os meses do ano foram observados as oscilações de temperatura no ambiente onde é realizado o processo de fermentação, e os resultados foram que: nos seis primeiros meses a variação da temperatura no local foi entre 36°C e 16°C, ou seja, média de 20°C de variação. E nos seis últimos meses a variação no local foi entre 31°C e 9°C, ou seja, média de 22°C de variação.

**Conclusão básica:** Esta variação de temperatura ajuda na criação de off-flavors por estressar as leveduras, outro ponto e talvez o mais importante no estudo é a faixa de temperatura ideal para as leveduras trabalharem. Com uma oscilação de temperatura muito alta pode ocorrer a morte de boa parte das leveduras onde toda a análise e cálculos realizados para a fase de fermentação fica comprometida, não alcançando os parâmetros desejáveis para esta fase.



Figura 84 – Fermentação sem controle de temperatura.

## **X<sub>2</sub> – Não existe método estabelecido para controle de temperatura na mosturação.**

Durante a mosturação onde sua função é viabilizar a atuação enzimática que converter o amido dos grãos em açúcares fermentáveis (maltose) ou não fermentáveis (dextrinas), foi percebido que a medição de temperatura é realizada em vários pontos na panela porem utilizando um termômetro digital a laser onde a leitura é feita superficialmente.

**Conclusão básica:** O método e instrumento de medição não é apropriado para este tipo de controle, pois existe variação de temperatura em diferentes profundidades da panela, onde geralmente a temperatura da superfície do mosto é menor que a do fundo da panela. Esta variação ocasiona principalmente a caramelização dos grãos e a falha na conversão da enzima devido ao mosto não estar com a temperatura uniforme em toda a panela, conseqüentemente a alteração de densidade inicial é afetada.



Figura 85 – Termômetro a laser.

### **4.1 Implementação**

Com as causas definidas foi possível verificar qual a mudança no método deveria acontecer para que as causas fossem eliminadas e atendessem os requisitos estabelecidos conforme o CTQ do cliente.

A definição e implementação das melhorias no processo e aquisição de novos equipamentos foram apresentados e aprovados pelo grupo cervejeiro caseiro onde os participantes são Bruno Furlaneto, Lucas Zaina e Jairo Zaina. Segue abaixo as ações e suas respectivas datas, responsável e conclusão.

### **X<sub>1</sub> – Não existe controle de temperatura durante a fermentação**

**Ação 1** – Devido ao estudo realizado da falta de controle de temperatura nos ambientes, existe a necessidade da compra de um refrigerador dedicado a execução da cerveja possibilitando o controle e definição das faixas ideais para a fase de fermentação

**Resp.:** Bruno Furlaneto **Data:** 21/05/16 **implementado:** 100%.

**Conclusão:** Adquirido um freezer horizontal modelo AH362 Electrolux que atende a todos os requisitos da faixa de temperatura para diversos estilos de cerveja e volume interno adequado para as fabricações pretendidas.



Figura 86 – Modelo AH362 Electrolux.

**Ação 2** - Comprar um regulador de temperatura para aumento e controle na precisão da faixa solicitada conforme estilo a ser produzido.

**Resp.:** Bruno Furlaneto **Data:** 12/09/16 **Implementado:** 100%.

**Conclusão:** Adquirido controlador de temperatura TIC17 onde será possível estabelecer os limites de temperatura de trabalho das leveduras durante a fermentação.



Figura 87 – Controlador de temperatura TIC17.

**X<sub>2</sub> – Não existe método estabelecido para controle de temperatura na mosturação.**

**Ação 1** – Adquirir termômetro fixo na panela (parte inferior) e realizar a medição da temperatura com termômetro culinário para a superfície e região intermediária.

**Resp.:** Bruno Furlaneto **Data:** 30/05/16 **Implementado:** 100%.

**Conclusão:** Adquirido termômetro fixo e culinário para execução do acompanhamento da mosturação em diversas rampas de temperatura onde é extremamente necessário um controle preciso para determinação do trabalho das enzimas.



Figura 88 – Panelas com termômetro fixo e culinário.

**Ação 2** – Criar instrução de fabricação para padronização dos métodos e atividades.

**Resp.:** Bruno Furlaneto **Data:** 20/10/16 **Implementado:** 100%.

**Conclusão:** Criado check-list detalhado de todo o processo de fabricação de cerveja contendo detalhes importantes para melhor controle da temperatura.

| FOLLOW-UP DA RECEITA  |                        |                                      |                                     |                    |
|---|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| NOME DA CERVEJA   |                        | ESTILO                               |                                     |                    |
| CERVEJEIROS   |                        | Data da Brassagem + fervura          |                                     |                    |
| <b>1 - RECEITA</b>  |                        |                                      |                                     |                    |
| <b>Malte</b>  | <b>Quantidade (Kg)</b> | <b>Fabricante do malte/ validade</b> |                                     |                    |
|   |                        |                                      |                                     |                    |
|   |                        |                                      |                                     |                    |
|   |                        |                                      |                                     |                    |
| <b>Lupulo</b>   | <b>Quantidade (mg)</b> | <b>Temp. de</b>                      | <b>abricante do lupulo/Validade</b> | <b>AA%</b>         |
|   |                        |                                      |                                     |                    |
|   |                        |                                      |                                     |                    |
|   |                        |                                      |                                     |                    |
| <b>Levedura</b>   | <b>Quantidade (mg)</b> | <b>Range de trabalho (C°)</b>        |                                     | <b>Observações</b> |
|   |                        |                                      |                                     |                    |
| <b>Clarificante</b>   | <b>Quantidade (mg)</b> | <b>Temperatura de fervura</b>        |                                     | <b>Observações</b> |
|   |                        |                                      |                                     |                    |
| <b>VALORES ESPERADOS DE ACORDO COM O ESTILO / VALORES DE ACORDO COM A FABRICAÇÃO DA</b>     |                        |                                      |                                     |                    |
| <b>OG</b>   |                        | <b>OG</b>                            |                                     |                    |
| <b>FG</b>   |                        | <b>FG</b>                            |                                     |                    |
| <b>IBU</b>  |                        | <b>IBU</b>                           |                                     |                    |
| <b>AVB</b>  |                        | <b>AVB</b>                           |                                     |                    |
| <b>SRM</b>  |                        | <b>COR</b>                           |                                     |                    |
| <b>CONTROLE DOS EQUIPAMENTOS - ETAPAS DE BRASSAGEM, FERVURA, RESFRIAMENTO E FERMENTAÇÃO</b> |                        |                                      |                                     |                    |
| <b>Equipamento</b>  |                        | <b>Status</b>                        | <b>Observação</b>                   |                    |
| Fogareiro   |                        |                                      |                                     |                    |
| Balança de precisão   |                        |                                      |                                     |                    |

Figura 89 – Check-List

**Ação 3** – Fazer resumo das faixas de temperaturas padrão da mosturação utilizada para diversas receitas.

**Resp.:** Bruno Furlaneto **Data:** 21/05/16 **Implementado:** 100%.

**Conclusão:** Adicionado no check-list detalhado de todo o processo de fabricação as faixas de temperatura padrões e as principais temperaturas e suas funcionalidades de acordo com a receita e estio pretendido para a fabricação



| 5 - BRASSAGEM   |  |   |        |
|---|--|---|--------|
| ITEM  | Passo-Passo  | DADOS   | STATUS |
| Quantidade de Água Primária   | Para 1kg de malte adicionar 2,5l   | 4,25  |        |
| Aquecimento da água   | Aquecer a água na temperatura conforme configuração da rampa de temperatura definida.                                      | Temp. da água: _____                            |        |
| Parada Proteica<br>Temp. do mosto: 50' -55'<br>Tempo de parada: 15-20min.   | Somente se houver cereais não maltados como trigo, aveia, centeio, grãos não malteados.                                    | Temp. do mosto: _____<br>Tempo de parada: _____ |        |
| Sacarificação "Beta Amilase"<br>Temp. do mosto: 60' -65'<br>Tempo de parada: 50-                                      | Enzima que converte o amido em açúcares fermentáveis resultado em uma cerveja mais alcoólica e menos encorpada/doce        | Temp. do mosto: _____<br>Tempo de parada: _____ |        |
| Sacarificação "Alfa Amilase"<br>Temp. do mosto: 67' -71'<br>Tempo de parada: 15-                                      | enzima que converte parte do amido em açúcares não fermentáveis gerando uma cerveja menos alcoólica e mais encorpada/doce. | Temp. do mosto: _____<br>Tempo de parada: _____ |        |
| <b>Caso não consiga realizar o controle de temperatura. Realizar a brassagem na faixa de 64°- 68° por 90 minutos.</b> |  |   |        |
| Teste do Iodo   | Antes de inativar as enzimas realizar o teste do iodo.<br>Repetir o teste até total conversão                              |   |        |
| Inativação das Enzimas "Mash Out"<br>Temp. do mosto: 75' -79'<br>Tempo de parada: 8 min.                              | Etapa que tem como única função parar a atuação das enzimas. Desejavel 76'.  | Temp. do mosto: _____<br>Tempo de parada: _____ |        |

Figura 90 – Check-List – Faixa de temperatura para mosturação.

**Ação 4** – Realizar medições intermediárias da OG para controle da mesma durante o processo.

**Resp.:** Bruno Furlaneto **Data:** 21/05/16 **Implementado:** 100%.

**Conclusão:** Controles de densidade intermediários adicionados no check-list para monitoramento e necessidade de ajustes durante a fabricação.

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
| Medição da densidade do mosto                              | <p>Colete da torneira do fermentador uma amostra do mosto utilizando uma pipeta para medir a densidade do mosto.</p> <p><b>Importante:</b> O mosto deve estar em 20° para a correta leitura. Caso esteja diferente de 20° utilizar a tabela de correção.</p> | <p>OG final medida: _____</p> <p>Litragem final para fervura: _____</p> |  |
| <b>12 - FERMENTAÇÃO</b>                                    |  |   |  |
| Quantidade de leveduras para a receita                     | Pesar a quantidade de mg para realizar o starter   | 2,44  |  |
| Ativação das leveduras. Tempo de inoculação: 30min         | Fermentis é 10ml de água por mg. Ferver a água, deixar esfriar a 20° e add as leveduras.   | Tempo de inoculação: _____  |  |
| <p>Fermentação Tempo : _____</p> <p>Temperatura: _____</p> | <p>Fechar o balde fermentador e acoplar o airlock (Adicionar água no airlock).</p> <p><b>Vede o Balde com fita isolante ou similar.</b></p>  | <p>Tempo de fermentação: _____</p> <p>Temperatura média: _____</p>      | <p>1° dia:</p> <p>2° dia:</p> <p>3° dia:</p> <p>4° dia:</p> <p>5° dia:</p> <p>6° dia:</p> <p>7° dia:</p> |
| Início da fermentação                                      | Entre 24-36hrs o airlock deverá estar trabalhando.   | Este é um ótimo sinal. Estamos indo muito bem!                          |  |
| Controle da fermentação                                    | <p>Após o 5° dia retire uma amostra do mosto com a pipeta e meça a densidade.</p> <p>No 6° dia repita a etapa do 5° dia e verifique a diferença entre as densidades. Caso tenha resultado igual a fermentação está completa.</p>                             | <p>Densidade 5° dia:</p> <p>Densidade 6° dia:</p>                       |  |

Figura 91 – Check-List – Controle de densidade durante a fermentação.

#### 4.2 Resultado da implementação:

Após a implementação de todas as ações corretivas no processo de fabricação de cerveja artesanal, foi realizado novamente as duas receitas de menor eficiência com o objetivo de validar o estudo. As receitas foram: American Pale Ale 1 e American Pale Ale Citra.

Os resultados de eficiência encontrados foram satisfatórios ao atingimento inicial do estudo. As duas receitas obtiveram eficiência maior de 75%.

Através do resultado apresentado nota-se que o processo de fabricação de cerveja artesanal anterior realmente não era capaz de elevar a eficiência visto que as variáveis durante os processos de mosturação, fervura, fermentação e maturação não eram controlados e constantes.

Após a fabricação das cervejas American Pale Ale I e American Pale Ale Citra, foi possível observar o aumento da eficiência e o equilíbrio no sabor, aroma e aparência.

As melhorias aplicadas e a padronização de algumas etapas foram fundamentais para o atingimento do objetivo esperado com o estudo de caso. O comparativo do ganho de eficiência encontram-se traduzidos nas tabelas abaixo.

| <b>ANTES</b>   |              |            |         |              | <b>DEPOIS</b>  |              |            |         |              |
|--|--------------|------------|---------|--------------|--|--------------|------------|---------|--------------|
| <b>CALCULO DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO TOTAL</b>         |              |            |         |              | <b>CALCULO DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO TOTAL</b>         |              |            |         |              |
| <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE MOAGEM/BRASSAGEM</b>      |              |            |         |              | <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE MOAGEM/BRASSAGEM</b>      |              |            |         |              |
| Item   | Especificado | Encontrado | unidade | Contribuição | Item   | Especificado | Encontrado | unidade | Contribuição |
| Controle de temperatura                                | 2            | 10         | C°      | 65,7         | Controle de temperatura                                | 2            | 4          | C°      | 50,0         |
| Rendimento máximo do 1º malte.                         | 38           | 47         | PPG     |              | Rendimento máximo do 1º malte.                         | 38           | 47         | PPG     | 76,5         |
| Rendimento máximo do 2º malte.                         | 0            | 0          | PPG     |              | Rendimento máximo do 2º malte.                         | 0            | 0          | PPG     |              |
| Rendimento máximo do 3º malte.                         | 0            | 0          | PPG     |              | Rendimento máximo do 3º malte.                         | 0            | 0          | PPG     |              |
| Rendimento máximo dos maltes                           | 39           | 47         | PPG     |              | Rendimento máximo dos maltes                           | 39           | 47         | PPG     |              |
| OG   | 37,00        | 71         | TOTAL   | OG           | 37,00  | 61           | TOTAL      | 70,4    |              |
| Litragem após brassagem                                | 11,36        | 8          |         | 70,4         | Litragem após brassagem                                | 11,36        | 8          |         | 70,4         |
| <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERVEURA</b>              |              |            |         |              | <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERVEURA</b>              |              |            |         |              |
| OG   | 47,00        | 63         | TOTAL   | 74,6         | OG   | 47,00        | 56         | TOTAL   | 83,9         |
| Litragem após fervura                                  | 6,97         | 3,96       |         | 56,8         | Litragem após fervura                                  | 6,97         | 5          |         | 71,7         |
| <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO/MATURAÇÃO</b> |              |            |         |              | <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO/MATURAÇÃO</b> |              |            |         |              |
| FG   | 12           | 33         | TOTAL   | 36,4         | FG   | 12           | 16         | TOTAL   | 75,0         |
| Litragem final da receita                              | 5            | 2,2        |         | 44,0         | Litragem final da receita                              | 5            | 4,8        |         | 96,0         |
| Controle de temperatura                                | 2            | 4          | C°      | 50,0         | Controle de temperatura                                | 2            | 2          | C°      | 100,0        |
| <b>PREENCHER OS CAMPOS EM AMARELO</b>                  |              |            |         |              | <b>PREENCHER OS CAMPOS EM AMARELO</b>                  |              |            |         |              |
| <b>EFICIÊNCIA FINAL DO PROCESSO</b>                    |              |            |         |              | <b>EFICIÊNCIA FINAL DO PROCESSO</b>                    |              |            |         |              |
| ITEM   | %            |            |         |              | ITEM   | %            |            |         |              |
| DENSIDADE  | 58,9         |            |         |              | DENSIDADE  | 78,5         |            |         |              |
| LITRAGEM   | 57,1         |            |         |              | LITRAGEM   | 79,4         |            |         |              |
| CONTROLE DE TEMPERATURA                                | 35,0         |            |         |              | CONTROLE DE TEMPERATURA                                | 75,0         |            |         |              |
| <b>EFICIÊNCIA TOTAL DO PROCESSO</b>                    | <b>50,3</b>  |            |         |              | <b>EFICIÊNCIA TOTAL DO PROCESSO</b>                    | <b>77,6</b>  |            |         |              |

Figura 92 – Comparativo de eficiência total da receita American Pale Ale I.

| <b>ANTES</b>   |              |            |         |              | <b>DEPOIS</b>  |              |            |         |              |
|--|--------------|------------|---------|--------------|--|--------------|------------|---------|--------------|
| <b>CALCULO DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO TOTAL</b>         |              |            |         |              | <b>CALCULO DE EFICIÊNCIA DO PROCESSO TOTAL</b>         |              |            |         |              |
| <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE MOAGEM/BRASSAGEM</b>      |              |            |         |              | <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE MOAGEM/BRASSAGEM</b>      |              |            |         |              |
| Item   | Especificado | Encontrado | unidade | Contribuição | Item   | Especificado | Encontrado | unidade | Contribuição |
| Controle de temperatura                                | 2            | 7          | C°      | 48,6         | Controle de temperatura                                | 2            | 4          | C°      | 50,0         |
| Rendimento máximo do 1º malte.                         | 38           | 44         | PPG     |              | Rendimento máximo do 1º malte.                         | 38           | 44         | PPG     | 60,2         |
| Rendimento máximo do 2º malte.                         | 0            | 0          | PPG     |              | Rendimento máximo do 2º malte.                         | 0            | 0          | PPG     |              |
| Rendimento máximo do 3º malte.                         | 0            | 0          | PPG     |              | Rendimento máximo do 3º malte.                         | 0            | 0          | PPG     |              |
| Rendimento máximo dos maltes                           | 39           | 44         | PPG     |              | Rendimento máximo dos maltes                           | 39           | 44         | PPG     |              |
| OG   | 37,00        | 91         | TOTAL   | 74,3         | OG   | 37,00        | 73         | TOTAL   |              |
| Litragem após brassagem                                | 11,36        | 8,44       |         |              | Litragem após brassagem                                | 11,36        | 8,5        |         |              |
| <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERVEURA</b>              |              |            |         |              | <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERVEURA</b>              |              |            |         |              |
| OG   | 47,00        | 77         | TOTAL   | 61,0         | OG   | 47,00        | 61         | TOTAL   | 77,0         |
| Litragem após fervura                                  | 6,97         | 3,1        |         | 44,5         | Litragem após fervura                                  | 6,97         | 6          |         | 86,1         |
| <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO/MATURAÇÃO</b> |              |            |         |              | <b>EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO/MATURAÇÃO</b> |              |            |         |              |
| FG   | 12           | 40         | TOTAL   | 30,0         | FG   | 12           | 18         | TOTAL   | 66,7         |
| Litragem final da receita                              | 5            | 2,5        |         | 50,0         | Litragem final da receita                              | 5            | 4,8        |         | 96,0         |
| Controle de temperatura                                | 2            | 3          | C°      | 66,7         | Controle de temperatura                                | 2            | 2          | C°      | 100,0        |
| <b>PREENCHER OS CAMPOS EM AMARELO</b>                  |              |            |         |              | <b>PREENCHER OS CAMPOS EM AMARELO</b>                  |              |            |         |              |
| <b>EFICIÊNCIA FINAL DO PROCESSO</b>                    |              |            |         |              | <b>EFICIÊNCIA FINAL DO PROCESSO</b>                    |              |            |         |              |
| ITEM   | %            |            |         |              | ITEM   | %            |            |         |              |
| DENSIDADE  | 46,6         |            |         |              | DENSIDADE  | 68,0         |            |         |              |
| LITRAGEM   | 56,3         |            |         |              | LITRAGEM   | 85,6         |            |         |              |
| CONTROLE DE TEMPERATURA                                | 47,6         |            |         |              | CONTROLE DE TEMPERATURA                                | 75,0         |            |         |              |
| <b>EFICIÊNCIA TOTAL DO PROCESSO</b>                    | <b>50,1</b>  |            |         |              | <b>EFICIÊNCIA TOTAL DO PROCESSO</b>                    | <b>76,2</b>  |            |         |              |

Figura 93 – Comparativo de eficiência total da receita American Pale Ale Citra.

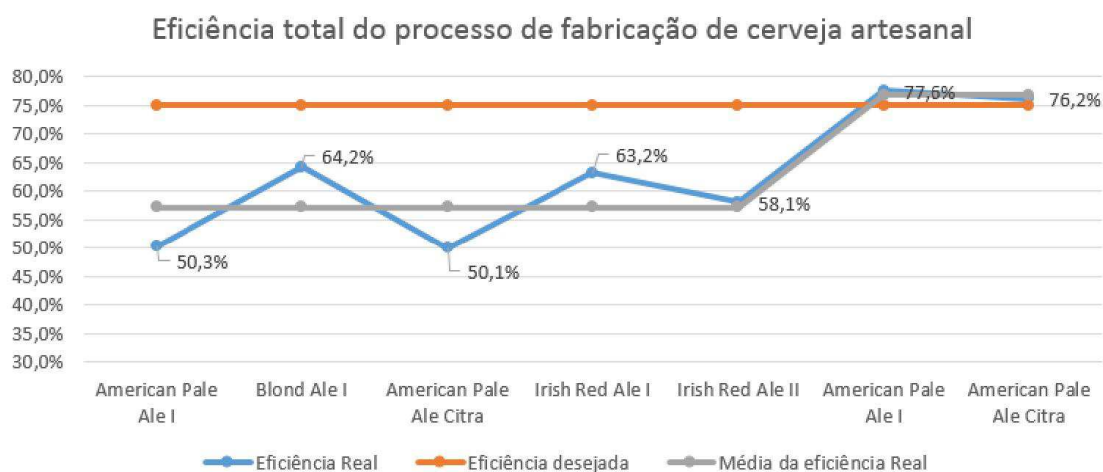


Figura 94 – Eficiência total do processo de fabricação de cerveja artesanal.

Além do aumento na eficiência do processo de fabricação, houve uma redução dos custos de fabricação, onde os insumos malte e água foram reduzidos. Gerando uma economia de aproximadamente 17% por receita. O comparativo da redução encontra-se na tabela abaixo.

| INVESTIMENTO VARIÁVEL (Material Prima) |                |       |                |                   | INVESTIMENTO VARIÁVEL (Material Prima) |                |       |                |                   |
|--|----------------|-------|----------------|-------------------|--|----------------|-------|----------------|-------------------|
| COD.                                   | DESCRIÇÃO      | Qtde. | Valor Unitário | Total             | COD.                                   | DESCRIÇÃO      | Qtde. | Valor Unitário | Total             |
| 1                                      | Galão de agua  | 2,5   | R\$ 13,00      | R\$ 32,50         | 1                                      | Galão de agua  | 2     | R\$ 13,00      | R\$ 26,00         |
| 2                                      | Malte Base     | 1     | R\$ 26,93      | R\$ 26,93         | 2                                      | Malte Base     | 4     | R\$ 5,20       | R\$ 20,80         |
| 3                                      | Malte Especial | 4     | R\$ 13,20      | R\$ 52,80         | 3                                      | Malte Especial | 3     | R\$ 13,20      | R\$ 39,60         |
| 4                                      | Lupulos        | 2     | R\$ 13,20      | R\$ 26,40         | 4                                      | Lupulos        | 2     | R\$ 13,20      | R\$ 26,40         |
| 5                                      | Levedura       | 1     | R\$ 13,89      | R\$ 13,89         | 5                                      | Levedura       | 1     | R\$ 13,89      | R\$ 13,89         |
|  |                |       |                | R\$ -             |  |                |       |                | R\$ -             |
| <b>Total variavel</b>                  |                |       |                | <b>R\$ 152,52</b> | <b>Total variavel</b>                  |                |       |                | <b>R\$ 126,69</b> |

Figura 95 – Comparativo de economia em insumos.

Com a criação do check-list é possível obter históricos de todas as receitas criadas, desde a quantidade de insumos utilizados até a correção utilizada para atingimento das características da receita original. Esse banco de dados será retroalimentado a cada receita e extraindo os bons resultados e tratando os resultados ruins afim de mitigar os desvios e melhorar cada vez mais o processo.

Visto que houve uma melhora significativa no processo e a padronização de etapas importantes como o controle de temperatura. A taxa de pay-back do projeto, será de 1 ano e dentro do orçado.

#### **4.3 Controle do processo**

Após a implementação do estudo é necessário um controle do processo, para que a padronização e eficiência continuem igual ou acima da meta estabelecida. Com a utilização do check-list para cada receita é possível ter ao longo da fabricação o histórico da cerveja e a análise crítica de cada etapa, pois os parâmetros e as especificações da receita elaborada são confrontados com os resultados reais obtidos, tornando assim um melhor controle do processo. Caso tenha desvio em uma das etapas de processo é possível corrigir antes da etapa seguinte não deixando o problema seguir adiante.

Além do check-list também houve melhora elevada no controle de temperatura com a utilização do freezer e o controlador de temperatura, esta implementação garante as faixas de temperaturas ideais para o trabalho de fermentação.

#### **4.4 Revisão da literatura**

Esta monografia foi desenvolvida através de artigos, literaturas e opiniões de cervejeiros caseiros. Todos relacionados ao processo de fabricação de cerveja artesanal e suas matérias primas.

Literaturas como: Cerveja feita em casa (Greg Hughes, 2013), foi utilizada como parte do estudo, o experiente cervejeiro britânico Greg Hughes ensina como fazer cerveja artesanal – uma atividade divertida e gratificante para quem é apaixonado pela bebida –, com orientações práticas sobre as técnicas de produção e 100 receitas de diversos estilos. O autor descreve as variedades de maltes de cevada, centeio e trigo; explica sobre os açúcares, as leveduras, a função do lúpulo e as características de cada espécie; revela a importância da qualidade da água na fabricação; e discorre sobre os ingredientes que dão sabor e aroma à bebida, como

ervas, frutas e especiarias. Apresenta três métodos de produção, do mais simples ao mais complexo, e ensina sobre a limpeza e a esterilização dos equipamentos, os utensílios necessários, os estágios da fermentação, o armazenamento e o envase. Para facilitar a escolha das receitas, as cervejas são classificadas por características, como frutadas e pungentes, gasosas e refrescantes, mais lupuladas, ou complexas e encorpadas; e estilos, como lagers, ales, de trigo e mistas, além das variações conforme os países de origem. Entre as muitas opções estão a Mexican cerveza, perfeita para o verão; a Eisbock com leve sabor de chocolate; a Honey Porter, que leva mel na composição; a Imperial IPA, mais lupulada; ou a Milk stout, mais encorpada.

Outra literatura utilizada foi a CERVEJA EM CASA. (Christina Perozzi e Hallie Beaune, 2012) das cervejeiras conhecidas como as 'Garotas da Cerveja', as americanas Christina Perozzi e Hallie Beaune que descomplicam o mundo da cerveja caseira com receitas e dicas simples e muito divertidas. 'Cerveja em Casa', oferece uma visão prática da fabricação caseira, com receitas que certamente agradarão aos diversos paladares dos amantes dessa tendência que veio para ficar!

O livro How to Brew (John Palmer, 2006), escrito por John Palmer, é considerado um dos melhores livros para aprender a fazer cervejas de qualidade em casa e também um dos livros mais vendidos neste seguimento. O livro é recomendado amplamente pela comunidade cervejeira e é geralmente a porta de entrada no mundo da cerveja caseira e artesanal.

De acordo com John Palmer, How to Brew é o livro definitivo para fazer cervejas de qualidade em casa. Se você procura por instruções simples e certas para fazer sua primeira cerveja, ou se já é um cervejeiro caseiro experiente, este livro é certamente uma grande opção. How to Brew abrange habilmente diversas possibilidades para brassar cervejas, com clareza, precisão e simplicidade.

Os artigos publicados no site <http://www.cervejahrenrikboden.com.br/> do cervejeiro caseiro e sommelier de cerveja pelo Instituto da Cerveja e juiz de campeonatos cervejeiros certificado pelo BJCP, Daniel "Bode", teve uma grande contribuição com o desenvolvimento do estudo e do aprendizado do processo de fabricação, pois os artigos detalham todo o processo de fabricação, os insumos utilizados e suas características e vários estudos práticos relatados para facilitar a fabricação da cerveja caseira.

Utilizado também o artigo LEAN SEIS SIGMA (MANI & Pádua, 2016) que aborda com simplicidade e objetividade no assunto.

#### **4.5 Proposição**

A intenção do estudo de caso foi aumentar a eficiência do processo de fabricação de cerveja artesanal reduzindo conseqüentemente a maior utilização de insumos. Através da implementação de técnicas conhecidas de aprimoramento e padronização nas etapas de mosturação, fervura, fermentação, maturação e carbonatação.

Com a eficiência baixa do processo de fabricação o custo com matéria-prima, aparição de defeitos no aroma, sabor e no aspecto visual como espuma e cor da cerveja são comuns, pois não existe padronização durante a elaboração da cerveja.

Com isso as ações devem ser tomadas principalmente nas etapas principais de fabricação que são; mosturação, fervura e maturação.

#### **4.6 Discussão**

O projeto foi elaborado seguindo os princípios básicos do DMAIC, ferramentas da Qualidade e projetos Green Belt.

No final do estudo foi validado as possíveis causas através da implementação das melhorias e padronizações efetuadas. Através das metodologias utilizadas e o aprofundamento nos estudos intermediários também foi possível identificar outros desvios e melhorias que não estavam relacionados diretamente com as causas porem contribuiu para melhorar ainda mais o processo de fabricação.

Com o banco de dados atualizado e sendo revisado a cada receita nova, é possível monitorar a eficácia das ações e o quão o processo de fabricação de cerveja artesanal esta estável. Este estudo permite pequenas melhorias e correção imediata de desvios menores.

É possível através de novos estudos de caso melhorar as eficiências de fermentação e carbonatação onde para o aumento da eficiência de fermentação é necessário a criação de um ambiente nutritivo contendo todas as características para a ação das leveduras e no aumento da eficiência da carbonatação a aquisição de equipamentos de carbonatação forçada onde é monitorado e controlado a quantidade de CO<sub>2</sub> da cerveja e a eliminação do tempo de carbonatação gerando ganho de até 10 dias no processo total da fabricação.



## 5. CONCLUSÃO

O projeto de ganho de eficiência no processo de fabricação de cerveja artesanal foi além do objetivo alcançado, foi de um aumento no conhecimento fabril e teórico devido ao aprofundamento nos estudos e validação das ações e melhorias na prática.

O objetivo do projeto foi o aumento de 57,2% para 77,6% na eficiência média nas últimas duas receitas realizadas do processo de fabricação, onde o resultado encontrado foi de 77,6% e 76,2% um aumento de mais de 20,4%, gerando assim uma economia no custo de insumos de aproximadamente 17% por receita. Onde os maiores ganhos estão em quantidade de malte e água.

Outro ganho importante é o banco de dados criado para históricos de receitas com seus respectivos detalhes durante a fabricação. Com o banco de dados é possível manter um plano de ação constante para melhorias no processo ou nas características da receita.

Conclusão, a qualidade final da cerveja produzida está muito boa, deixando os amigos, parentes e principalmente nós cervejeiros felizes!

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005). NBR ISO 9000/2005 - Sistema de Gestão da Qualidade: Fundamentos e Vocabulário. Rio de Janeiro Editora: ABNT.
- Bode, D. (15 de Dezembro de 2010). CERVEJA HENRIKBODEN. Fonte: CERVEJA HENRIKBODEN: <http://www.cervejahenrikboden.com.br/agua-quantidade/>
- Ecrconsultoria.(06 de Janeiro de 2017). Universidade da Madeira. Fonte: [https://www.ecrconsultoria.com.br/sites/default/files/Ferramentas\\_da\\_Qualidade.pdf](https://www.ecrconsultoria.com.br/sites/default/files/Ferramentas_da_Qualidade.pdf)
- Felipe Novais Cruz (2017). *REDUÇÃO DO LEAD TIME PARA EMISSÃO DOS CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO EM UMA EMPRESA PRESTADORA DE SERVIÇOS E EQUIPAMENTOS*. São Paulo: Editora: (Monografia do Curso de Pós Graduação/ Especialização - Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma – Green Belt).
- Hughes, G. (2013). *Cerveja feita em casa*. São Paulo: Editora Publifolha.
- Perozzi, C. e Beaune H. (2014). *Cerveja em casa*. São Paulo: Editora Tapioca.
- Stephanou, P. (03 de Abril de 2008). TELECERVEJA BLOGSPOT. Fonte: Método Stephanou de classificação e avaliação de cervejas: [http://telecerveja.blogspot.com.br/2008/04/mtodo-stephanou-de-classificao-e.html?sm\\_au=iQH19rr94pFM91J0](http://telecerveja.blogspot.com.br/2008/04/mtodo-stephanou-de-classificao-e.html?sm_au=iQH19rr94pFM91J0)
- Trivellato, A. A. (2010). *APLICAÇÃO DAS SETE FERRAMENTAS BÁSICAS DA QUALIDADE NO CICLO PDCA PARA MELHORIA CONTINUA: ESTUDO DE CASO NUMA EMPRESA DE AUTO PEÇAS. EFICIÊNCIA, EFICÁCIA E PRODUTIVIDADE DE ESTRATÉGIAS: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DO SETOR FONOGRAFICO BRASILEIRO*. São Paulo: Editora: (Monografia do Curso de graduação em Engenharia de Produção Mecânica).