



ESCOLA SUPERIOR DE  
**CERVEJA E MALTE**

# Nivelamento em Química e Bioquímica





# **Nivelamento em Química e Bioquímica**

Blumenau, Santa Catarina, Brasil  
IADE  
2014

# SUMÁRIO

Apresentação, p. 04	
Introdução, p. 05	
1 Conceitos, p.6	
1.1 Conceitos, p. 07	
1.1.1 Átomo, p. 07	
1.1.2 Moléculas, p.10	
1.1.3 Íons, p.12	
1.1.4 pH, p.13	
1.1.5 Ácidos, p. 14	
1.1.6 Bases, p.15	
1.1.7 Sais, p.16	
1.1.8 Compostos Orgânicos, p.16	
1.1.9 Lipídios. p.17	
1.1.10 Alcoóis, p.17	
1.1.11 Fenóis, p.19	
1.1.12 Ésteres, p.20	
1.1.13 Carboidratos, p.21	
1.1.14 Monossacarídeos, p.21	
1.1.15 Oligossacarídeos, p.22	
1.1.16 Polissacarídeos, p.23	
1.1.17 Proteínas, p.24	
1.1.17 Enzimas, p.26	
1.1.19 Microrganismos, p.28	
1.1.20 Fungos - Leveduras, p.29	
1.1.21 Bactérias, p.30	
2 Ingredientes, p.34	
2.1 Água, p.37	
2.1.1 Dureza, p.38	
2.1.2 Alcalinidade, p.40	
2.1.3 pH, p.41	
2.2 Malte, p.42	
2.2.1 Polissacarídeos das paredes celulares, p.44	
2.2.2 Amido, p.45	
2.2.3 Proteína, p.46	
2.2.4 Lipídios, p.47	
2.3 Lúpulo, p.48	
2.4 Levedura, p.51	
2.5 Adjuntos, p.54	
2.6 Especiarias, p.56	
3 Processos de produção, p.60	
3.1 Tratamento de água, p.62	
3.2 Resumo do processo de produção, p.64	
3.2.1 Moagem, p.67	
3.2.2 Mostura, p.67	
3.2.3 Fervura, p.70	
3.2.4 Resfriamento do mosto, p.72	
3.2.5 Fermentação, p.72	
3.2.6 Maturação, p.74	
3.2.7 Finalização e envase, p.75	
3.2.8 Pasteurização, p.75	
Referências Bibliográficas, p.79	

# APRESENTAÇÃO

Este nivelamento faz parte dos cursos da Escola Superior de Cerveja e Malte. A Escola admite alunos com formações diversas para a realização deste curso, por isso julga necessário a criação de um material auxiliar – deixando claro que não é uma disciplina curricular – para ajudar os alunos que não tem conhecimento químico e/ou bioquímico básico para acompanhar, com bom rendimento, as aulas da parte técnica do curso.

Este nivelamento é útil tanto para o aluno que não tem o conhecimento prévio, ajudando-o a acompanhar as aulas, como para o aluno que já tem o conhecimento técnico necessário, fazendo com que as aulas sejam mais produtivas.

O presente material não tem a pretensão de ser um manual de química ou bioquímica, substituindo a formação prévia, nem quer se colocar como um guia que trate, de forma aprofundada, de todos os temas químicos e bioquímicos da cerveja.

Nosso objetivo é tão somente explicar, de forma leve, os conceitos básicos necessários para que todos os alunos das nossas turmas possam ter um bom aproveitamento do curso. Não trataremos os temas com muitas referências bibliográficas nem nos aprofundaremos nas questões técnicas. Este não é um tratado científico e nem tem a pretensão de ser.

O trabalho técnico árduo de aprofundamento deixaremos para os mestres cervejeiros que darão aulas a você. Afinal, o que buscamos é a formação de ótimos cervejeiros!

# Capítulo 1

## Conceitos

### Objetivos de Aprendizagem

- Identificar os principais conceitos de química e bioquímica necessários à produção cervejeira.
- Definir e explicar os principais termos de química cervejeira;
- Relacionar os conceitos de bioquímica com a produção cervejeira.

# INTRODUÇÃO

Para aprender a fabricar cerveja você precisa de conhecimentos em química e bioquímica? Precisa sim. Senão processos como a sacarificação, a fermentação e a assepsia se tornam de difícil entendimento. O que dizer sobre os processos enzimáticos...

O entendimento dos processos químicos e bioquímicos é primordial para entender a composição da matéria. A cerveja é uma matéria, sendo a interação entre diversos ingredientes e resultado de processos químicos, físicos e biológicos. Para entendermos com maior profundidade a produção de cerveja, devemos compreender estes processos.

Qualquer alteração no processo de fabricação acarretará alterações no produto final. Antes mesmo de entendermos a elaboração da cerveja, devemos conhecer melhor os seus ingredientes. Desta forma é importante iniciarmos pelos conceitos básicos.

Este nivelamento busca dar uma visão geral dos temas fundamentais para a produção de cerveja. Todos os processos, ingredientes e reações aqui citadas serão aprofundadas no decorrer do seu curso.

O nivelamento começa com temas básicos, como a conceituação de átomo e seus componentes, reações químicas, enzimas, microrganismos, etc. Continua com a química e bioquímica dos ingredientes e conclui com temas relacionados ao processo.

Vamos lá?



## 1.1 Conceitos

O conhecimento é construído pedra sobre pedra. Sempre precisamos de conhecimentos prévios para subirmos os degraus da formação. Os conceitos que veremos no decorrer desta primeira parte do nivelamento já foram vistos por você no ensino médio - ou segundo grau, para quem é mais velho. O nosso trabalho será relembrá-lo de alguns pontos.

Começaremos com o átomo.

### 1.1.1 Átomo

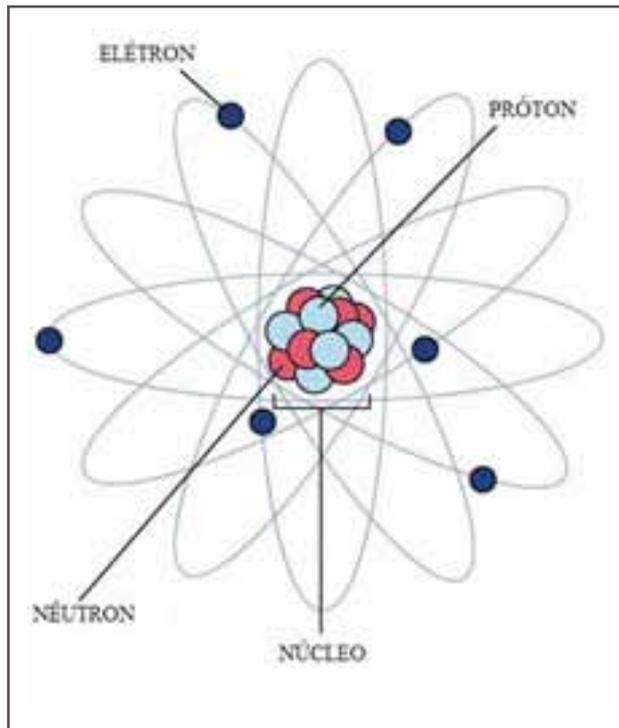
O átomo é a unidade básica da matéria. Antigamente acreditava-se que os átomos eram indivisíveis, inclusive daí vem a etimologia do seu nome, uma vez que átomo em grego significa indivisível. Como nosso negócio é cerveja e não etimologia, vamos seguindo com esta definição.

Mas, o que é matéria?

Matéria é a substância pela qual qualquer objeto físico é constituído, desde partículas de silicone a outros minerais que formam uma montanha. Entretanto, os cientistas são capazes de estudar componentes diminutos da matéria (PELCZAR JR., 1996, 23).

Ou seja, matéria é a definição de tudo que é físico, sendo seus estados o sólido, o líquido

e o gasoso. A matéria, por definição, é constituída de átomos, que por sua vez são formados por partículas com cargas positivas - os prótons -, negativas - os elétrons -, e neutras - os nêutrons. Os prótons e nêutrons ficam unidos no núcleo do átomo, os elétrons orbitam em torno deste núcleo, conforme figura a seguir:



**Figura 01: Estrutura do Átomo**

Fonte: <http://www.infoescola.com/quimica/atomo/> acessado em 16/06/2014

Parece o sistema solar, não é mesmo?

Todo o átomo, em estado de equilíbrio, contém o mesmo número de elétrons e prótons.

Por isso ele tem uma carga elétrica igual a zero.

**Número de Prótons = Número de Elétrons - Carga Elétrica = 0,00**

Legal, e daí, o que isso nos interessa? O átomo é a menor partícula que usamos para identificar um elemento químico. O hidrogênio, por exemplo, é um átomo com apenas um próton no seu núcleo. Já o oxigênio tem 8 prótons.

Para organizar estes elementos usamos um quadro chamado tabela periódica, constituída por 112 elementos, sendo que 92 deles se encontram na natureza e os outros 20 são

artificialmente sintetizados. A seguir podemos observar uma tabela periódica:

www.tabelaperiodicacompleta.com

**Figura 02: Tabela Periódica**

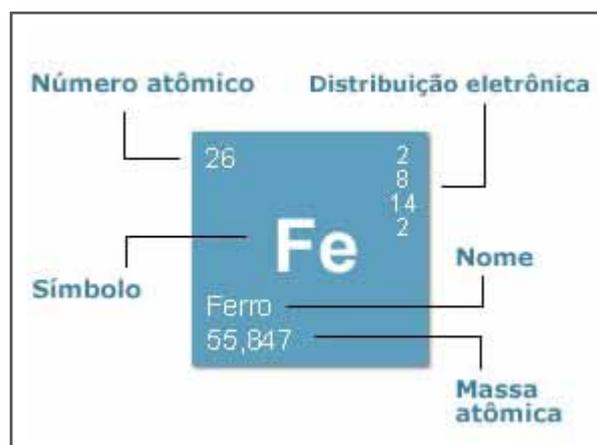
Fonte: <http://www.tabelaperiodicacompleta.com/imprimir-tabela-periodica> - acessado em 31/05/2014

## Saiba Mais +

Dica!

Para quem tiver curiosidade, uma ótima dica sobre os elementos químicos é a página: <http://www.phtable.com/?lang=pt>  
Aproveite!

Ok, percebemos que há muitos elementos e que **cada elemento tem um número de prótons diferente em seu núcleo**. Além dos dados de prótons no núcleo, também há outras informações em cada “quadrado”, conforme figura abaixo:



**Figura 03: Elemento químico**

Fonte: Os autores

Vamos tentar entender o que significa cada item da legenda:

1. **Número atômico** - número de prótons de cada elemento
2. **Símbolo** - Letra(s) que identificam o elemento
3. **Nome** - Nome do elemento químico
4. **Massa Atômica** - Número de vezes que o elemento é mais pesado que um átomo de hidrogênio.
5. **Distribuição eletrônica** - a distribuição dos elétrons nas diversas “órbitas” em torno do núcleo.

É extremamente importante para nós reconhecermos esta nomenclatura, pois **cada elemento químico tem características diferentes** que impactam na formação de moléculas e materiais que utilizaremos no nosso dia a dia de produção de cerveja. Como só de um átomo fazemos pouca coisa, seguiremos os estudos com as moléculas e ligações químicas.

## 1.1.2 Moléculas

**Átomos em conjunto formam moléculas.** É importante entendermos as moléculas porque, segundo Pelczar Jr. (1996, 22), “como toda matéria [...] contêm átomos e moléculas como suas unidades estruturais básicas. A forma de interação que existe entre estes átomos e moléculas determina as qualidades fundamentais dos compostos, tais como solubilidade e acidez.” E estes são conceitos que nos interessam muito para o estudo da cerveja.

Em 1811, o cientista italiano Amedeo Avogadro descreveu as diferenças entre átomos e **moléculas**. Moléculas são formadas por átomos ligados uns aos outros. Substâncias constituídas por um tipo simples de moléculas são denominadas **compostos**. Um exemplo é o óxido férrico, um composto constituído de ferro e oxigênio, que é componente primário da ferrugem.

Como os átomos se ligam? Através de **ligações químicas**.

Os átomos nunca estão isolados no mundo, eles se aproximam uns dos outros o tempo todo. Quando as órbitas de diferentes átomos - que podem ser do mesmo elemento - se

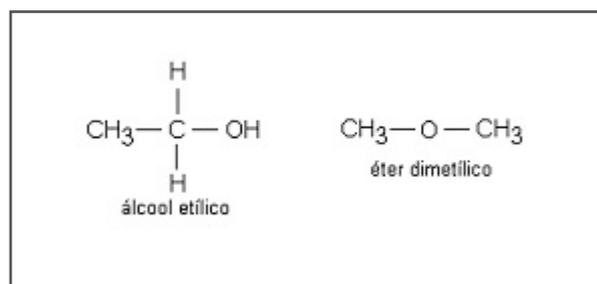
tocam, pode ocorrer um rearranjo em suas estruturas, formado uma molécula.

As ligações químicas podem ser de três tipos, covalentes, iônicas e metálicas. A diferença básica entre elas é a forma como os elétrons são distribuídos. **Na ligação covalente, dois ou mais átomos compartilham os elétrons** que passam a obedecer mais de uma órbita. Já nas **ligações iônicas, os elétrons são “roubados”** por um dos elementos, enquanto nas **ligações metálicas os elétrons criam uma nuvem** que passa a orbitar em conjunto por muitos átomos.

A natureza das moléculas determina as propriedades químicas da substância resultante. O tipo de ligação, a orientação espacial, a intensidade da ligação estabelecida e até a forma como estas moléculas se inter-relacionam impacta nas propriedades resultantes.

Um exemplo clássico é a ligação química entre hidrogênio e oxigênio. Na molécula H<sub>2</sub>O nós temos a água. Já na molécula H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> temos o peróxido de hidrogênio ou água oxigenada. Se você não acredita que há diferença lave os cabelos com uma e depois com outra...

Os átomos também se ligam em proporções idênticas, quer dizer, **a mesma quantidade de átomos** de cada elemento, mas podem formar **isômeros, que são moléculas diferentes**. No álcool etílico (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH) e o éter metílico(CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>), é a diferença de arranjo dos átomos que estabelece ligações diferentes, moléculas diferentes, e, portanto, substâncias moleculares com propriedades diferentes. Some aí, temos 6 Hs, 2 Cs e 1 O nos dois elementos.



**Figura 04: Estrutura das moléculas**

Fonte: o autor

As moléculas, assim como os átomos individualmente, podem sofrer perdas ou ganhos de elétrons. Quando eles perdem ou ganham elétrons eles ficam eletricamente - positiva ou negativamente - carregados. A estas moléculas ou átomos eletricamente carregados, damos o nome de íons.

## 1.1.3 Íons

Os átomos e as moléculas deveriam ser eletricamente neutras, quer dizer, deveriam ter o mesmo número de prótons e elétrons. Em decorrência do contato destas substâncias com outros átomos e/ou moléculas eles podem se tornar eletricamente carregados. A partir daí eles passam a se chamar **íons**.

**Íons positivos são chamados de cátions** e são substâncias que perdem elétrons, por isso ficam mais positivos que negativos. Temos como exemplos:  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Na}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Pb}^{+4}$ . Os números +3, +, +2 e +4 significam o número de elétrons que estes íons perderam.

**Íons negativos são chamados de ânions** e são substâncias que ganham elétrons, por isso ficam mais negativos que positivos. Temos como exemplos:  $\text{N}^{-3}$ ,  $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{F}^{-1}$ ,  $\text{O}^{-2}$ . Os números -3, -1 e -2 significam a quantidade de elétrons que estes íons ganharam.

Vejamos como exemplifica Pelczar Jr.:

Por exemplo, se um átomo de sódio (Na) perde um elétron, ele terá uma carga elétrica positiva extra e se torna o cátion sódio ( $\text{Na}^{+}$ ). Um átomo de cloro (Cl) pode ganhar o elétron perdido pelo átomo de sódio e, assim, tem uma unidade de carga negativa, tornando-o um ânion ( $\text{Cl}^{-}$ ). Os dois novos íons em combinação são a base para a formação do sal ( $\text{NaCl}$ ) “cloreto de sódio” (PELCZAR JR., 1996, 24).

Os íons são muito importantes para nós porque, além das ligações iônicas, eles estão presentes na água, um dos principais ingredientes da cerveja. Outra questão importante é sua função no crescimento das leveduras.

$\text{NaCl}$  é uma fórmula que mostra a composição química (os elementos químicos que compõe) o cloreto de sódio. Toda a substância que pode ser explicada por uma fórmula é chamada de composto.

Dividimos os compostos em inorgânicos e orgânicos. O que os diferencia é a presença do elemento químico carbono (C). **Os compostos inorgânicos não contêm carbono na sua composição e os compostos orgânicos contêm carbono.**

Os nossos próximos temas são os compostos inorgânicos importantes para a produção de cerveja – ácidos, bases e sais. Depois, estudaremos alguns compostos orgânicos que são fundamentais para o entendimento da produção cervejeira - lipídios, carboidratos, proteínas e alcoóis.

Começaremos com os compostos inorgânicos. Mas, essencial, antes, compreendermos o conceito de pH.

### 1.1.4 pH

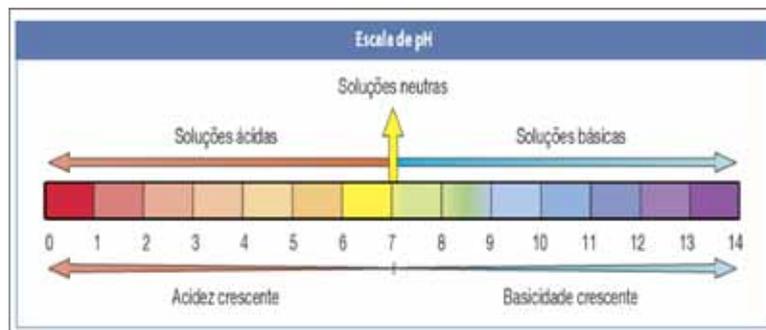
Antes de falarmos de bases e ácidos, devemos entender o que é o pH. O pH é o parâmetro que nos permite classificar as soluções aquosas. O mais importante é que este parâmetro nos permite:

**Determinarmos se uma solução é ácida ou básica**

O pH representa uma grandeza físico-química denominada potencial de hidrogênio. Ele é uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade (como chamamos a característica de ser básica) de uma solução aquosa. A escala de pH vai de 0 a 14, na qual 7 é considerado um valor neutro – pH da água pura.

Se uma substância é ácida ou alcalina (básica) depende da concentração de íons hidrogênio. Esta qualidade é crítica para muitos microrganismos, bem como para outras células. Os organismos vivos geralmente toleram somente uma certa variação de acidez ou alcalinidade em seu ambiente. Por outro lado eles podem produzir substâncias que são ácidas ou básicas. Os microrganismos, por exemplo, são usados para produzir comercialmente chucrute, vinagre e iogurte por causa de sua habilidade em produzir ácido. Alguns microrganismos que produzem ácido não são desejáveis, tais como aqueles que contaminam o vinho e azedam o leite (PELCZAR JR., 1996, 32).

A água pura então é o padrão e ela é considerada neutra. Os ácidos possuem pHs de 0 a 6,99 e as bases de 7,01 a 14. Quanto mais próximo de 0 mais ácida é uma solução, quanto mais perto de 14, mais básica é esta solução. Podemos observar isto graficamente na figura a seguir:



**Figura 05: Escala de pH**

Fonte: <http://andre-godinho-cfq-8a.blogspot.com.br/2012/12/escala-de-ph.html> - acessado em 15/05/2014

## Você Sabia?

### Um brinde!

Sabemos que a wikipédia não é a melhor fonte para buscarmos informação confiável. De qualquer forma nos pareceu muito interessante a seguinte história, principalmente porque nela tem cerveja!

“O termo pH foi introduzido, em 1909, pelo bioquímico dinamarquês Søren Peter Lauritz Sørensen (1868-1939), com o objetivo de facilitar seus trabalhos no controle de qualidade de cervejas (à época trabalhava no Laboratório Carlsberg, da cervejaria homônima). O “p” vem do alemão potenz, que significa poder de concentração, e o “H” é para o íon de hidrogênio (H+).”

O pH será importantíssimo para nós quando falarmos de água cervejeira e de atividade enzimática. Agora que já entendemos o pH, vamos aos ácidos e depois às bases.

### 1.1.5 Ácidos

Os ácidos possuem graus de acidez diferentes, desta forma, substâncias são consideradas ácidas quando possuem pH na faixa de 0 à 6,99. O 0 (zero) representa a acidez máxima e ácidos com pH mais próximos de 7 são considerados ácidos fracos.

A força de ácidos está associada à sua dissociação em íons H<sup>+</sup> em solução. Ou seja, colocando um ácido em solução, ele tem a capacidade de “soltar” muitos H<sup>+</sup> na forma de íons. Quanto mais H<sup>+</sup> ele gerar, mais ácida será a solução.

Segue um exemplo do que acontece com o Ácido Clorídrico (HCl) quando colocado em solução aquosa:



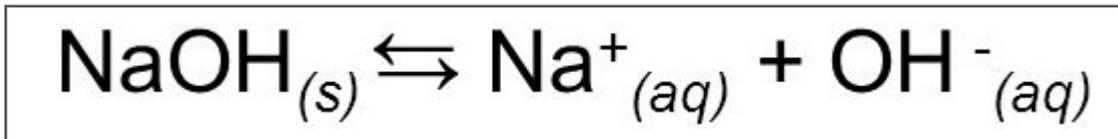
**Figura 06: Ácido em Solução**  
Fonte: o autor

Ele se separa e forma íons de hidrogênio (H<sup>+</sup>) e de cloro (Cl<sup>-</sup>). A facilidade com que os ácidos se ionizam (formam íons) está associada à força ácida, os ácidos fortes, liberam H<sup>+</sup> com maior facilidade.

Além da questão da água cervejeira, os ácidos têm grande importância nas questões relacionadas à assepsia. Agora nos falta falar das bases.

## 1.1.5 Bases

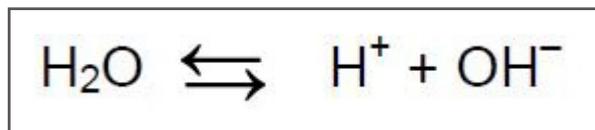
Substâncias básicas, ou alcalinas, possuem pH entre 7,1 e 14. O pH 14 representa a alcalinidade máxima, o extremo oposto do pH 0 (acidez máxima). As bases possuem um funcionamento parecido com o dos ácidos, porém, em solução produzem íons hidroxila OH<sup>-</sup> como representado abaixo:



**Figura 07: Solução Básica**

Fonte: o autor

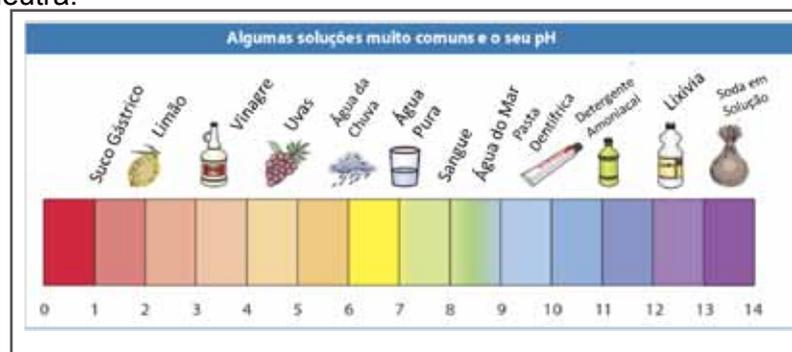
Veja bem! Os ácidos liberam íons positivos (cátions) e as bases liberam íons negativos (ânions). A água pura também pode ionizar-se da seguinte forma:



**Figura 08: Solução acuosa**

Fonte: o autor

Mas a água não era neutra? Sim. As reações que ocorrem na água são reversíveis, e os íons têm uma forte tendência a recombinar-se um com o outro. O que faz com que poucos íons de hidrogênio [H<sup>+</sup>] e hidroxila [OH<sup>-</sup>] apresentem-se isolados na água. Como a concentração de H<sup>+</sup> vai determinar a acidez e a concentração de OH<sup>-</sup> vai determinar a alcalinidade, a água pura é, de fato, neutra.



**Figura 09: Soluções e seu pH**

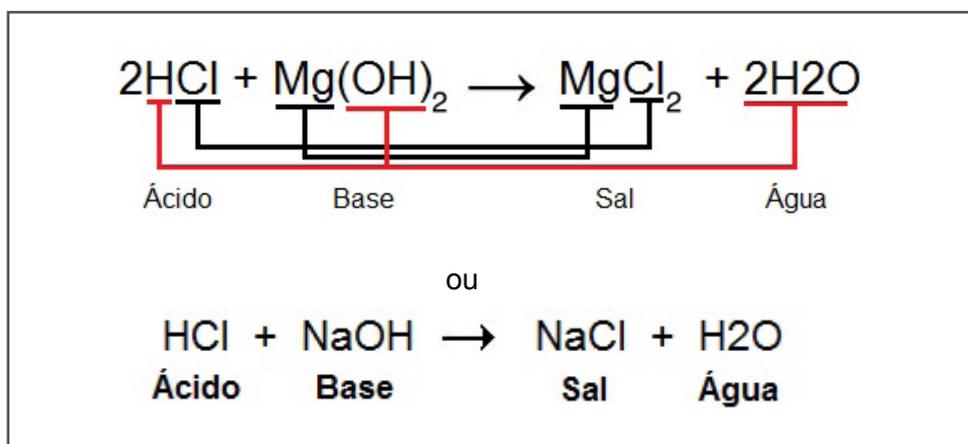
Fonte: <http://andre-godinho-cfq-8a.blogspot.com.br/2012/12/escala-de-ph.html> - acessado em 15/05/2014

E quando um ácido reage com uma base o que se forma? Água + Sais. Vamos aos sais.

## 1.1.6 Sais

Quando um ácido reage com uma base, o produto desta reação é chamado de sal. Esta reação consiste em uma neutralização do ácido pela base, onde o resultado é o sal e água.

O sal formado nesta reação é constituído pelos cátions da base e pelos ânions do ácido e, nesta reação, não temos os íons H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup> após a reação. Eles se combinam resultando em uma molécula de água conforme indicado a seguir:



**Figura 10: Formação de um sal**

Fonte: o autor

Os sais são importantes para a produção de cerveja por ser parte constituinte da água cervejeira que é utilizada. Eles darão caráter especial ao produto final. Com o tempo vocês ouvirão falar de diferentes águas cervejeiras, como a água com gesso da Inglaterra. Ficou curioso? Acesse então: [http://www.beerlife.com.br/ed4/materia\\_prima.asp](http://www.beerlife.com.br/ed4/materia_prima.asp)

Finalizamos aqui os compostos inorgânicos, aqueles que não têm o elemento químico carbono (C) como constituinte. Vamos aos compostos orgânicos?

## 1.1.7 Compostos Orgânicos

Chegamos agora aos compostos orgânicos. Segundo Pelczar Jr. (1996), as células de todos os organismos vivos, desde os microrganismos até o homem, são constituídas por compostos

químicos. Vários compostos inorgânicos são encontrados em todos os organismos, mas os compostos orgânicos têm um maior significado biológicos.

Existem milhares desses compostos orgânicos, a maioria dos quais pode ser agrupada em uma das três categorias seguintes - carboidratos, lipídeos, proteínas. E estas três categorias de compostos têm especial relevância no processo de produção cervejeira.

Vamos a eles?

## **1.1.8 Lipídios**

Lipídios são substâncias compostas principalmente por átomos de hidrogênio e carbono, e menor quantidade de outros elementos como o oxigênio, nitrogênio e fósforo. São pouco solúveis em água, e os lipídios mais famosos são as gorduras.

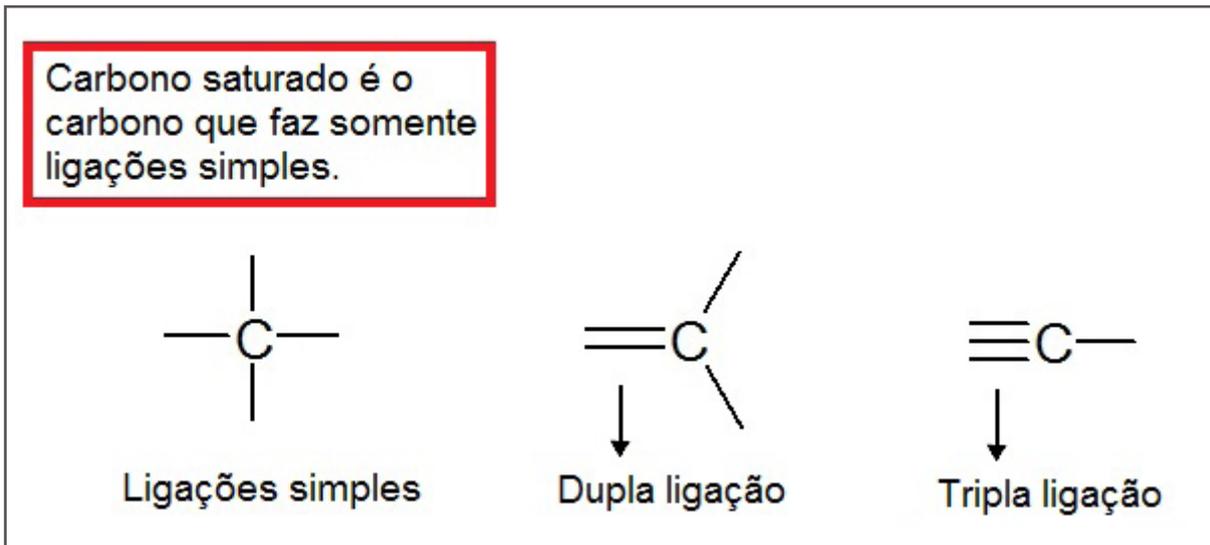
As gorduras pertencem a um grupo de lipídios denominados de lipídios simples. Os lipídios estão presentes no malte e são importantes para as leveduras, porém são indesejáveis na cerveja, devendo ser removidos durante o processo de produção.

Sua remoção no processo de produção de cerveja se dá na etapa de fervura, quando precipita juntamente com outras substâncias. Se presentes no produto final prejudicarão o processo de filtração, além de modificar o paladar da cerveja, ocasionar maior turvação e menor formação e estabilidade de espuma. Ou seja, atrapalham bastante.

Seguiremos nossos estudos com os alcoóis, importantíssimos para fabricação cervejeira e, principalmente, para o produto final.

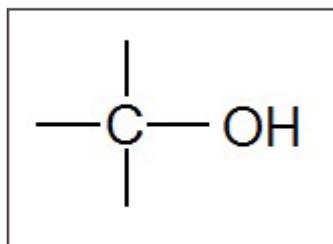
## **1.1.9 Alcoóis**

Falar de cerveja sem falar de álcool é complicado. Mas afinal, o que é um álcool? Segundo Feltre (1996), os alcoóis são uma classe de compostos orgânicos que contêm um ou mais grupos hidroxila ou oxidrila (OH), ligados a átomos de carbono saturados. Um átomo de carbono faz 4 ligações. Elas podem ser ligações simples, duplas ou triplas conforme figura a seguir. Mas, o que caracteriza um carbono saturado?



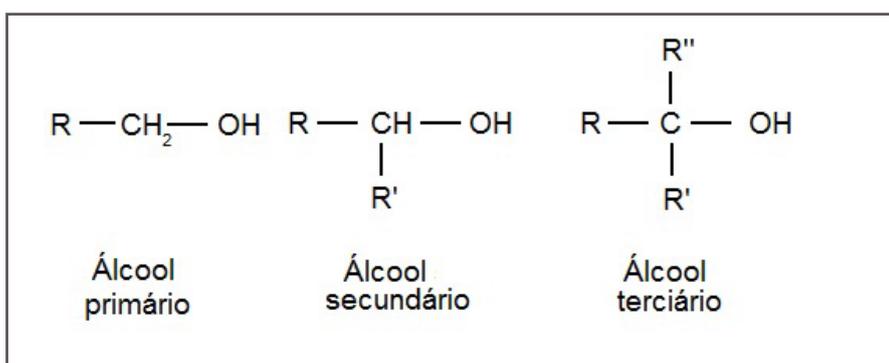
**Figura 11: Possibilidades de ligações do carbono**  
 Fonte: Os Autores

Então, quando temos um carbono, ligado a um grupo -OH utilizando somente ligações simples, temos um álcool, como mostra a figura a seguir:



**Figura 12: Estrutura geral de um álcool**  
 Fonte: Os Autores

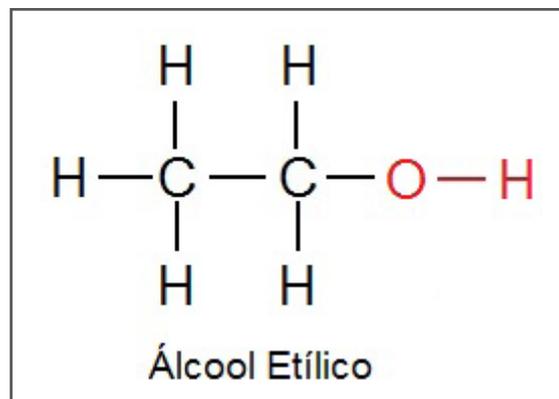
A designação genérica dos alcoóis é “R-OH”, onde R representa uma cadeia carbônica, que é variável. Os alcoóis podem ser classificados em três categorias: primário, secundário e terciário. Esta classificação é feita com base no número de carbonos associado ao carbono ao qual o grupo -OH está ligado.



**Figura 13: Classificação de alcoóis**  
 Fonte: Mahan (1995, pg 466).

O álcool então é um composto orgânico que se caracteriza pela existência de um carbono saturado, ligado a uma hidroxila. Deste carbono pode derivar uma cadeia de mais carbonos a serem ligados nas 3 ligações que sobram. Se há mais dois H ligados a estas ligações, temos um álcool primário; mais um H temos um álcool secundário e, mais nenhum H, um álcool terciário.

O álcool que nos interessa é o álcool etílico, um álcool primário. Este álcool é produzido a partir da fermentação alcoólica dos açúcares do mosto. Sua estrutura é apresentada a seguir:



**Figura 14: Álcool etílico**

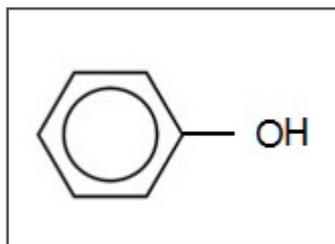
Fonte: Os autores

Durante a fermentação também são produzidos pelas leveduras os chamados alcoóis superiores, que são alcoóis compostos por mais de dois átomos de carbono. Estes alcoóis normalmente são mais perceptíveis que o álcool etílico, podendo acentuar a percepção de álcool na cerveja ou até mesmo dar a sensação de quente, que é característica das bebidas mais alcoólicas.

Agora que já conhecemos os alcoóis, principalmente o etílico, seguiremos nosso estudo com os fenóis e ésteres, importantes compostos que interferem no aroma da bebida.

## 1.1.9 Fenóis

O aroma da cerveja é altamente influenciado pelos produtos secundários da fermentação alcoólica, como os ésteres e fenóis. Os fenóis são compostos orgânicos com um ou mais grupos hidroxila (-OH) ligados a um anel aromático, conforme figura a seguir:



**Figura 15: Estrutura Fenóis**  
Fonte: Os autores

Este símbolo hexagonal que vemos na figura é o que chamamos de anel aromático. A sua composição química sempre é igual e ele é responsável por dar aromas mais pronunciados na cerveja.

Os compostos fenólicos também aumentam a sensação de adstringência<sup>1</sup> na bebida. Vamos aos outros compostos importantes no aroma da cerveja, os ésteres.

### 1.1.10 Ésteres

Os ésteres são compostos orgânicos de fórmula geral  $R - O - R'$  ou  $Ar - O - Ar$  ou  $Ar - O - R$ , onde o R representa a cadeia carbônica e o Ar o anel aromático.



**Figura 16: Estrutura Ésteres**  
Fonte: Os autores

Os ésteres são compostos voláteis produzidos durante a fermentação cervejeira. Como exemplo, temos o acetato de isoamilo que apresenta aroma de banana; o hexanoato de etila, que apresenta aroma de maçã vermelha encontrados em algumas cervejas.

Em geral, fermentação a temperaturas mais elevadas produz uma quantidade maior de ésteres. O cervejeiro pode trabalhar o processo fermentativo para atingir diferentes graus aromáticos que criem características únicas na sua cerveja.

Para ocorrer a fermentação, a levedura deve se alimentar dos carboidratos. Vamos conhecê-los?

<sup>1</sup> Define um composto que reage com proteínas tanto estruturais quanto enzimáticas, precipitando-as em derivados insolúveis. A sensação de adstringência é tátil e se sente pela constrição da mucosa da boca pelo excesso de tanino.

## 1.1.11 Carboidratos

Os carboidratos são compostos formados por átomos de carbono (C), hidrogênio (H) e Oxigênio (O). Também são chamados de açúcares, hidratos de carbono, glicídios etc. Estes compostos são importantes nos processos vitais. Segundo Mahan (1995, p. 481), “estes compostos são formados nas plantas, a partir da fotossíntese, e constituem o principal produto do processo pelo qual as moléculas inorgânicas e a energia solar são incorporadas aos seres vivos.”

Os carboidratos são classificados em função do número de moléculas que os constituem. São divididos nos seguintes grupos: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. Vamos conhecê-los?

## 1.1.12 Monossacarídios

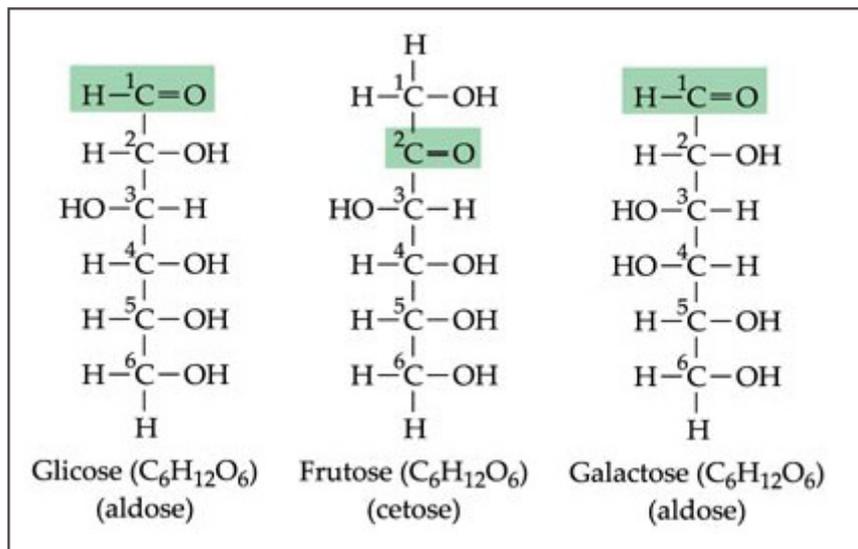
São açúcares simples formados por moléculas pequenas e possuem de 3 a 7 carbonos na sua estrutura. Uma nomenclatura genérica utilizada para designar os monossacarídeos é feita com a utilização do sufixo –ose, precedida pelo número de carbonos que contém em sua fórmula, como segue demonstrado no quadro abaixo:

Números de Carboidratos	Fórmula	Nome
3	$C_3H_6O_3$	Triose
4	$C_4H_8O_4$	Tetrose
5	$C_5H_{10}O_5$	Pentose
6	$C_6H_{12}O_6$	Hexose
7	$C_7H_{14}O_7$	Heptose

**Quadro 01: Nomenclatura monossacarídeos**

Fonte: Os Autores

As hexoses são muito importantes em nossas vidas diárias. Nesta classe se incluem a glicose, frutose e galactose, cujas estruturas observamos a seguir:



**Figura 17: Algumas hexoses**

Fonte: <http://www.vestibulandoweb.com.br/biologia/teoria/carboidratos.asp> - acessado e em 25/05/2014.

Os monossacarídeos serão muito importantes para o processo de fermentação. Eles alimentam as leveduras. Monossacarídeos combinados se transformam em quê? Oligossacarídeos e Polissacarídeos. Vejamos o que são esses elementos na sequência.

### 1.1.13 Oligossacarídios

São açúcares formados pela união de 2 a 10 monossacarídeos. Dentre os oligossacarídeos, os mais importantes biologicamente são os Dissacarídeos. Os **Dissacarídeos são formados por 2 moléculas de monossacarídeos**, daí o seu nome.

Vejamos alguns exemplos de dissacarídeos:

Dissacarídios	Monossacarídios formadores
Sacarose	Glicose +Frutose
Lactose	Glicose + Galactose
Maltose	Glicose + Glicose

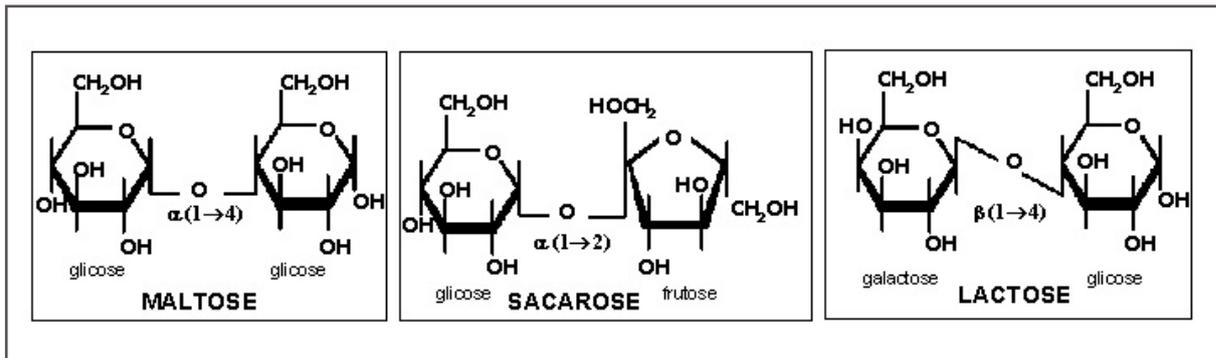
**Quadro 02: Composição de Dissacarídeos**

Fonte: Os Autores

Adiantando a vida, mas não muito, percebemos que a maltose é glicose pura. Por isso ela é tão importante no processo de fabricação de cerveja. Temos muito alimento concentrado

para as leveduras.

Além do nome dos dissacarídeos e de sua composição, também é importante que conheçamos a estrutura molecular deles. Não se preocupe em memorizar isso. O fundamental é que você se familiarize com a nomenclatura e “a cara” destas estruturas. Vejamos as estruturas da maltose, sacarose e lactose:



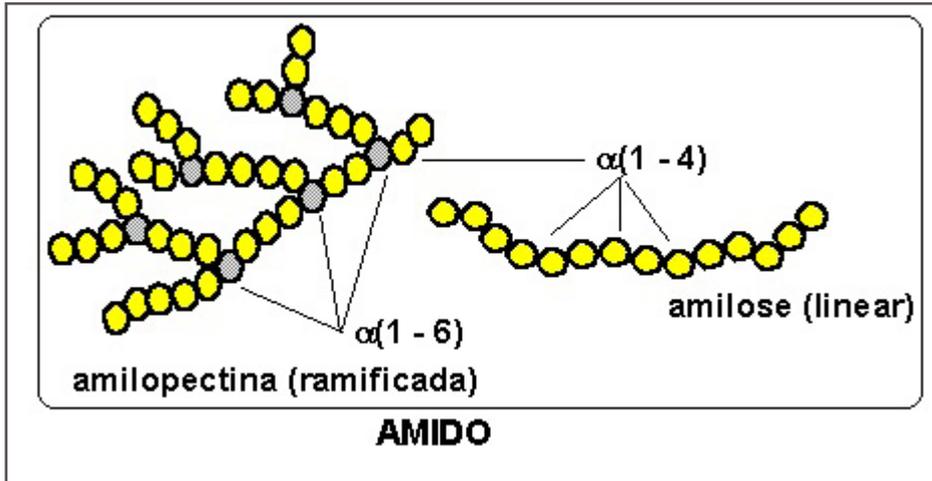
**Figura 18: Estrutura de Dissacarídeos**

Fonte: <http://leonoronhabio.blogspot.com.br/2012/02/carboidratos-conceitos-gerais-os.html> - acessado em 19/05/2014

Vistos os dissacarídeos, seguiremos com os polissacarídeos, cujo mais importante para nós é o amido. Ele será quebrado durante o processo de fabricação de cerveja, se transformará em oligossacarídeos e depois em monossacarídeos. Parece que a explicação está ao contrário, mas é assim mesmo. Sem entender os monossacarídeos e os oligossacarídeos, não entenderíamos os polissacarídeos.

## 1.1.14 Polissacarídios

**São açúcares complexos, de moléculas grandes.** São formados por mais de 10 moléculas de monossacarídeos. O **amido é um polissacarídeo**, considerado um dos três principais polissacarídeos existentes. Ele é formado por outros dois outros polissacarídeos, amilose e amilopectina. Parece complicado isso, não é mesmo? Nem tanto. Um polissacarídeo pode ser enorme, tendo em sua composição monossacarídeos, oligossacarídeos e, inclusive, outros polissacarídeos. Vejamos a seguir as estruturas destes dois componentes do amido:



**Figura 19: Componentes do Amido**

Fonte: [http://www.reocities.com/capecanaveral/launchpad/9071/Carboidratos\\_est.html](http://www.reocities.com/capecanaveral/launchpad/9071/Carboidratos_est.html) - acessado em 20/05/2014

A **amilose** é constituída de resíduos de glicose, possui cadeia longa e não ramificada, e é **solúvel em água quente**. Já a amilopectina também é constituída por resíduos de glicose, porém em quantidade muito maior que na amilose, possui uma cadeia altamente ramificada, e não apresenta tanta solubilidade quanto à amilose.

Veremos no capítulo 3 deste nivelamento que **um dos processos mais importantes na produção da cerveja** é a quebra do amido. Por ser um açúcar complexo, de estrutura grande, a levedura não é capaz de consumir o amido durante o processo de fermentação. Por este motivo, é necessário que ele seja quebrado em unidades menores antes do processo de fermentação. Este trabalho é realizado por um tipo de proteína chamado enzima. Vamos relembrar o que são as proteínas e depois revisamos o que são as enzimas!

## 1.1.15 Proteínas

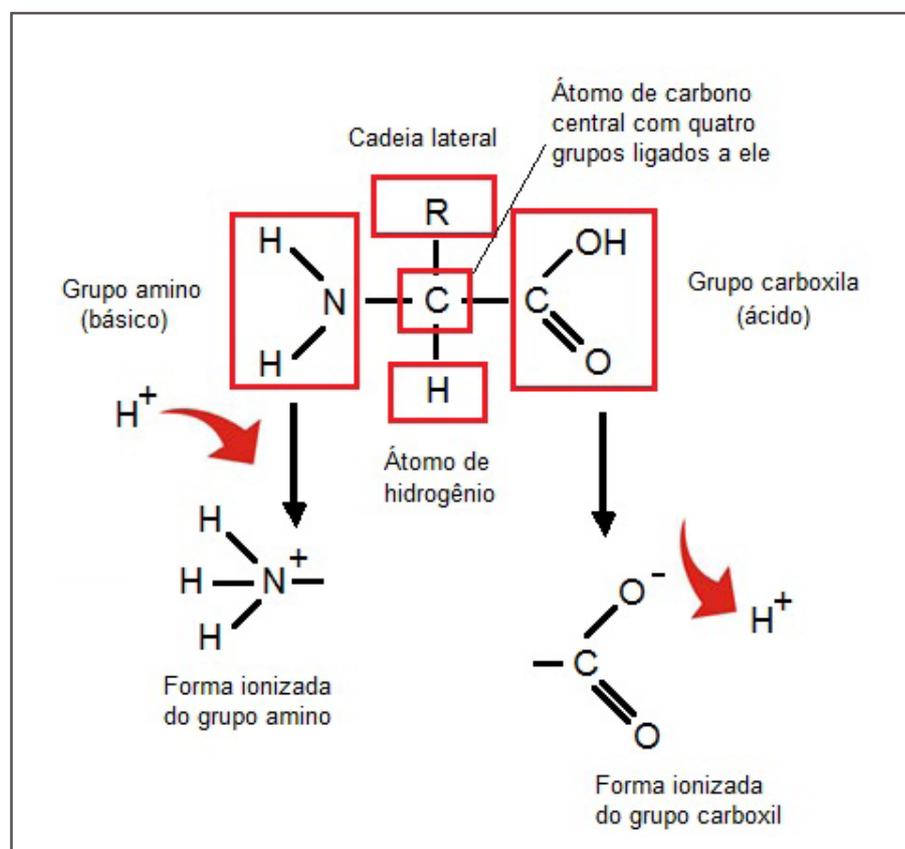
Antes de entendermos as enzimas, precisamos conhecer as proteínas. Segundo Mahan (1995, p. 485), “as proteínas constituem a maior parte dos compostos não aquosos das células. [...] As enzimas, catalizadores específicos para tantas reações vitais de síntese e de degradação, são proteínas, assim como muitos hormônios reguladores.”

Para Pelczar Jr. (1996, p. 37), “**proteínas são compostas de moléculas de aminoácidos ligadas entre si.**” Para entendermos o que são as proteínas, precisamos inicialmente entender o que são os aminoácidos, já que eles são as unidades estruturais das proteínas.

Os aminoácidos que constituem as proteínas **consistem em quatro grupamentos químicos ligados ao átomo de carbono**. Os quatro grupos são:

- **Um grupo amino (-NH<sub>2</sub>)** - que pode aceitar um hidrogênio, e dessa forma, é um grupo básico;
- **Um grupo carboxila (-COOH)** - que pode liberar um átomo de hidrogênio, sendo assim um grupo ácido;
- **Um átomo de hidrogênio;**
- **Um grupamento “R”** - que é variável em cada tipo de aminoácido.

Na maioria dos aminoácidos, o átomo central de carbono é assimétrico (os quatro grupamentos ligados a ele diferem uns dos outros), exceto para o aminoácido glicina, que possui dois átomos de hidrogênio ligados ao átomo central. Vejamos a representação de um aminoácido:



**Figura 20: Estrutura Geral do Aminoácido**  
Fonte: Adaptado de Pelczar Jr. (1996, p. 37).

O grupo amino é básico, pois pode aceitar um íon de hidrogênio e se tornar carregado positivamente, enquanto o grupo carboxila é ácido, porque pode liberar um íon hidrogênio e se tornar carregado negativamente.

As proteínas são então macromoléculas, pois possuem como constituintes essenciais os aminoácidos, cada variação na sequência de aminoácidos produz uma proteína diferente. As proteínas estão presentes entre 8 a 16% do total da massa do malte.

As proteínas vão influir na estabilidade da espuma, sobre a turvação da cerveja, e na nutrição da levedura. Ah, e as benditas enzimas são proteínas.

## 1.1.16 Enzimas

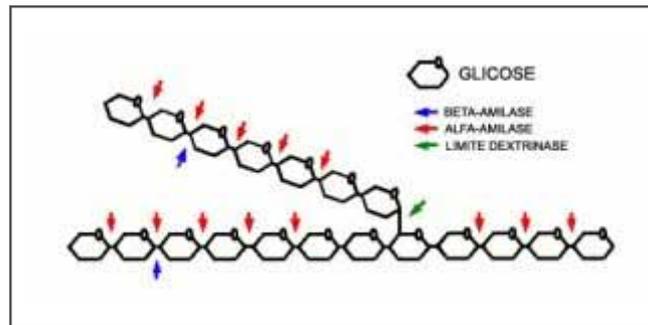
As enzimas são compostos orgânicos, quase sempre proteínas. Elas funcionam como uma espécie de **catalisadores biológicos** (aceleram a velocidade de reações), quebram moléculas ou juntam-se a elas, criando novos compostos e viabilizando a atividade das células. Deste modo desempenham um papel fundamental na produção de cervejas.

**Algumas reações químicas só são possíveis na presença de enzimas.** Elas diminuem a necessidade de energia para que as reações ocorram, melhorando a vida celular e facilitando processos industriais.

Fazer cerveja, por exemplo, só é possível graças à ação de enzimas. A diminuição da necessidade de energia e a redução da temperatura de ativação de uma reação por meio da utilização de enzimas podem ser da ordem de milhares de vezes.

**A função das enzimas é converter uma substância, chamada de substrato** - no nosso caso o amido - em outra substância denominada **produto** - no nosso caso glicose. As enzimas são extremamente específicas para a reação que catalisam. Isso significa que, em geral, uma enzima catalisa um e só um tipo de reação química. Por isso utilizamos o malte. Ele contém as enzimas necessárias para a produção de cerveja.

Vejamos um exemplo:



**Figura 21: Ação enzimática na amilopectina**

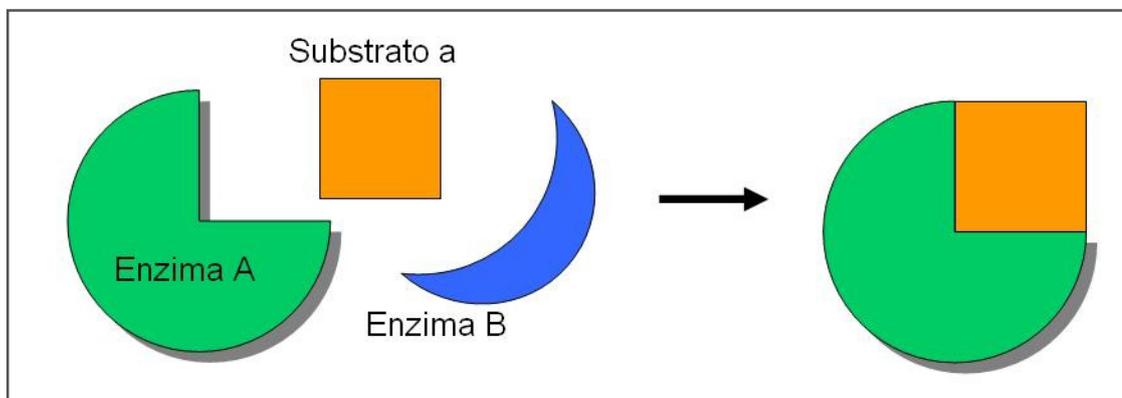
Fonte: <http://www.hominilupulo.com.br/cervejas-caseiras/brassagem-avancada/> - acessado em 16/05/2014

Temos uma molécula grande de amilopectina. As diferentes enzimas, neste caso representadas pelas setas coloridas, atuam para quebrar a cadeia em pontos específicos. Você pode observar que elas atuam em regiões específicas da cadeia.

Como são catalisadores, as enzimas não são consumidas na reação e não alteram o equilíbrio químico dela. Determinadas substâncias podem inibir a atividade de enzimas, diminuindo-a ou eliminando-a totalmente. São os chamados inibidores enzimáticos.

Quando uma enzima atua, os substratos se encaixam na enzima. Esse “encaixe”, porém, depende da forma, isto é, do “contorno” da enzima. Por isso, substratos que se “encaixam” em uma determinada enzima não se “encaixam” em outras diferentes, e a reação não ocorre. Por isso, determinadas enzimas só funcionam com determinados substratos. Uma vez ocorrido o “encaixe”, forma-se o complexo enzima-substrato.

A este modelo chamamos chave-fechadura. Para cada fechadura só há uma chave possível. Vemos na figura a seguir uma ilustração do modelo:



**Figura 22: Modelo Chave-fechadura**

Fonte: <http://oxdaquestaovestibular.blogspot.com.br/> - acessado em 10/04/2014

Podemos observar que apenas uma enzima serve para se encaixar no substrato A, facilitando desta forma a reação, tornando-a mais rápida, pois a proximidade entre as moléculas “encaixadas” acelera o processo reativo. Após a reação, a enzima desliga-se do substrato e permanece intacta.

Na segunda parte do nivelamento falaremos especificamente do uso de enzimas no processo de produção de cerveja. Outro ponto importante é saber que o funcionamento das enzimas depende da temperatura a qual elas estão expostas. Elas sempre funcionam em uma faixa de temperatura, sendo a temperatura mínima equivalente à temperatura de ativação. Com o aumento da temperatura, elas vão ganhando eficiência até atingir a temperatura ótima de funcionamento.

Após chegar a temperatura ótima, há uma redução da eficiência da enzima até a sua desativação. Na produção de cerveja há diferentes enzimas que trabalham - são ativadas e inativadas - a diferentes temperaturas.

Sem a ação das enzimas na produção de cerveja não seria possível obter a eficiência necessária durante a fermentação. Seguiremos nossos estudos agora com os microrganismos importantes para a produção de cerveja.

## **1.1.17 Microorganismos**

Em todo o alimento sempre estão presentes microrganismos. Alguns **são parte natural do produto e são desejáveis, dando características únicas ao alimento**. Um exemplo clássico são os fungos de determinados queijos. Também há outros microrganismos que são indesejáveis, seja pelo sabor e odor que proporcionam, ou por serem agentes de contaminação e putrefação do produto.

Há ainda aqueles que fazem parte do processo de produção do alimento, como as leveduras cervejeiras. Segundo Pelczar Jr. (1996), organismos vivos contêm átomos e moléculas como suas unidades estruturais básicas. A forma de interação que existe entre estes átomos e moléculas determina as qualidades fundamentais dos compostos, tais como solubilidade e acidez. Estes aspectos da química são de grande importância para os microrganismos, porque eles dependem de nutrientes solúveis e são afetados pelo ambiente

em que se encontram.

Os microrganismos são divididos em cinco grupos: as bactérias, os fungos, os protozoários, as algas e os vírus. Resumindo, são organismos bem pequenos (por isso microrganismos) sendo a característica básica das bactérias não possuir membrana no seu núcleo. As algas realizam fotossíntese; os vírus são acelulares (não serem células); os protozoários se alimentam de organismos vivos e os fungos se alimentam de vegetais mortos.

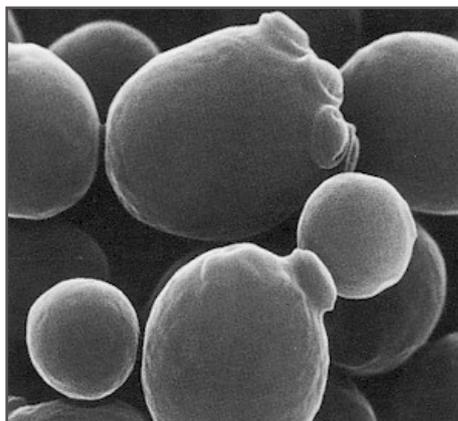
Nosso objetivo no nivelamento é estudar dois tipos de microrganismos essenciais na produção cervejeira: os fungos, por sua função no processo de produção, e as bactérias, agentes contaminantes da cerveja. Vamos a eles.

### **1.1.18 Fungos - Leveduras**

As leveduras, assim como os bolores e cogumelos, são fungos. São **organismos unicelulares** (possuem apenas uma célula) e se alimentam de vegetais mortos. No nosso caso, cereais maltados e não maltados ou seus extratos.

As primeiras leveduras descobertas estavam associadas a processos fermentativos como o de pães. As leveduras realmente “comem” a massa de pão ou o mosto cervejeiro (mistura de água e cereais).

As leveduras de bebidas alcoólicas são um fermento natural utilizado na fermentação do mosto cervejeiro para produzir cerveja. As leveduras de bebidas alcoólicas são do gênero *Saccharomyces*, sendo a principal a espécie para o nosso estudo a *Saccharomyces cerevisiae*. Vejamos a cara da levedura cervejeira!



**Figura 23: *Saccharomyces cerevisiae***

Fonte: <http://harpiacervejaria.blogspot.com.br/2011/06/historia-da-levedura-saccharomyces.html>  
acessada em 28/05/2014

Esperamos que você tenha gostado delas. Elas serão suas companheiras por todo o tempo que você estudar e produzir cerveja. As leveduras são facilmente diferenciadas das bactérias em função das suas dimensões maiores e de suas propriedades morfológicas (possuem membrana no seu núcleo). Vamos às bactérias?

## **1.1.19 Bactérias**

Bactérias são microrganismos unicelulares e procariontes (desprovidos de envoltório nuclear). São quase sempre microscópicas ou submicroscópicas (detectáveis apenas com uso de um microscópio eletrônico).

As bactérias podem ser encontradas na forma isolada ou em colônias. Podem viver na presença de ar (aeróbias), na ausência de ar (anaeróbias) ou, ainda, ser anaeróbias facultativas.

Bactérias são os organismos mais bem sucedidos do planeta. A quantidade de bactérias no intestino de uma pessoa é superior ao número total de células humanas no corpo dela. Imagine na cerveja.

A cerveja é um produto de fácil contaminação. Desde a escolha dos ingredientes, passando pelo processo produtivo, de envase e manipulação, a cerveja é passível de contaminação.

Como há tantas bactérias no mundo, você acha que é difícil alguma estragar a sua cerveja?

# CONCLUSÃO

Demos uma volta pelos principais conceitos da química e bioquímica que são necessários para você seguir na sua tarefa de fazer cerveja. Claro que você deve se aprofundar mais em vários destes conceitos, mas isso é tarefa de cada um dos professores das disciplinas técnicas específicas.

Relembramos que este nivelamento não substitui a consulta a bibliografias de referência nos temas aqui tratados. A ideia é fazer com que você lembre algumas informações importantes e possa acompanhar as aulas com mais qualidade.

No próximo capítulo veremos a química e bioquímica dos ingredientes principais da cerveja. Antes vamos dar uma resumida?

# RESUMO

- Átomo é a unidade básica da matéria, enquanto a matéria é a substância pela qual qualquer objeto físico é constituído, seja no estado sólido, líquido e gasoso.
- Toda matéria é constituída de átomos, que por sua vez são formados por partículas com cargas positivas (prótons), negativas (elétrons) e neutras (nêutrons).
- tabela periódica é composta por 112 elementos, sendo 92 deles encontrados na natureza e os demais 20 artificialmente sintetizados.
- O conjunto de átomos forma as moléculas. As moléculas são formadas, portanto, por átomos ligados uns aos outros.
- Átomos e moléculas carregadas eletricamente passam a se chamar íons. Os íons são importantes por estarem presentes na água.
- Os íons positivos são chamados de cátions por serem substâncias que perdem elétrons. Os íons negativos são chamados de ânions e são substâncias que ganham elétrons.
- Os compostos inorgânicos não contêm carbono na sua composição e os compostos orgânicos contêm carbono em sua composição.
- O pH é o parâmetro que permite classificar as soluções aquosas e determinar se esta solução é ácida ou básica. A escala de pH varia de 0 a 14, sendo o número 7 considerado o valor neutro.
- Os ácidos possuem graus de acidez diferentes que variam na faixa entre 0 e 6,99. Quanto mais próximo de zero, maior o seu grau de acidez.
- As substâncias básicas (alcalinas) possuem pH entre 7,1 e 14. Quanto maior o número de pH, mais alcalina ela é.
- Quando um ácido reage com uma base, o produto desta reação denomina-se sal.

- Lipídios são substâncias compostas principalmente por átomos de hidrogênio e carbono, e menos quantidade de outros elementos como o oxigênio, nitrogênio e fósforo. Os lipídios estão presentes no malte.
- Os alcoóis são uma classe de compostos orgânicos que contêm um ou mais grupos de hidroxila ou oxidrila (OH), ligados a átomos de carbono saturados.
- O álcool etílico é um álcool primário produzido a partir da fermentação alcoólica dos açúcares do mosto cervejeiro.
- Fenóis são compostos orgânicos com um ou mais grupos hidroxila (-OH) ligados a um anel aromático.
- Os ésteres são compostos orgânicos de fórmula geral  $R - O - R'$  ou  $Ar - O - Ar$  ou  $Ar - O - R$ , onde R representa a cadeia carbônica e o Ar o anel aromático. Eles são produzidos durante a fermentação cervejeira.
- Os carboidratos são compostos formados por átomos de carbono  $\text{C}$ , hidrogênio (H) e Oxigênio (O) e também são chamados de açúcares.
- Monossacarídeos são açúcares simples formados por moléculas pequenas e possuem de 3 a 7 carbonos na sua estrutura. Recebem o sufixo -ose, precedida pelo número de carbonos que contém em sua fórmula.
- Oligossacarídeos são açúcares formados pela união de 2 a 10 monossacarídeos. Os dissacarídeos são formados por 2 moléculas de monossacarídeos.
- Polissacarídeos são açúcares complexos, de moléculas grandes. São formados por mais de 10 moléculas de monossacarídeos.
- Proteínas são compostas de moléculas de aminoácidos ligadas entre si. As proteínas são compostas estruturalmente por aminoácidos.
- Enzimas são compostos orgânicos, quase sempre proteínas e funcionam como uma espécie

de catalisadores biológicos.

- Microrganismos são parte natural do produto e são desejáveis, dando características únicas ao alimento. Microrganismos indesejáveis são aqueles contaminam ou causam a putrefação do produto.
- Os microrganismos são divididos em cinco grupos: as bactérias, os fungos, os protozoários, as algas e os vírus.
- As leveduras são fungos, ou seja, organismos unicelulares e se alimentam de vegetais mortos.
- Bactérias são microrganismos unicelulares e procariontes (desprovidos de envoltório nuclear) e são quase sempre microscópicas ou submicroscópicas.

A glass of beer is being poured from a bottle. The beer is golden and has a thick white head of foam. The glass is sitting on a wooden surface. In the background, there are piles of malted barley and dark roasted malt. In the foreground, there are some green hops.

## Capítulo 2

# Ingredientes

### Objetivos de Aprendizagem

- Identificar os principais conceitos relacionados a química e bioquímica dos ingredientes.
- Relacionar os conceitos com a produção cervejeira.
- Entender as transformações que ocorrem com os ingredientes.

# INTRODUÇÃO

Na primeira parte do nosso nivelamento estudamos alguns conceitos básicos de química e bioquímica que são importantes para entendermos os processos de fabricação e conservação da cerveja.

Nesta segunda parte buscamos explicar, novamente com linguagem simples, a química e bioquímica dos ingredientes constituintes da bebida. Mais uma vez não é nosso objetivo criar um manual formal e sim criar um material leve, que sirva para que os alunos que não têm formação ou não se lembram de certos conceitos, possam acompanhar a contento as aulas.

Não se esqueça que você terá disciplinas específicas sobre todos estes ingredientes. Nossa ideia não é esgotar o tema, apenas dar uma noção técnica para facilitar a sua vida. Estes temas serão tratados a fundo pelos professores nas disciplinas.

Começaremos com o estudo da química da água, passaremos às reações do malte, lúpulo, leveduras e terminaremos com os adjuntos e especiarias



## 2.1 Água

Na cerveja, a água é a matéria-prima preponderante, tendo muita influência sobre o produto final e impactando a qualidade e as características finais da cerveja produzida.

A água utilizada para a produção de cervejas, bem como a água usada em locais e equipamentos que tenham contato com o produto, é chamada de água cervejeira ou água nobre. Claro que uma bebida nobre tinha que derivar de uma água nobre.

E a água utilizada em equipamentos e locais onde não há contato com o produto? Esta é chamada de água de serviço. Para a produção cervejeira temos então: **água cervejeira e água de serviço.**

Vamos tratar da água nobre. Para ser considerada água cervejeira, a água deve atender a alguns parâmetros. Estes parâmetros são:

- Potável;
- Isenta de microrganismos;
- Sais minerais na quantidade adequada;
- Isenta de cloro;
- Insípida, Incolor e Inodora

- Isenta de impurezas;

Resumindo, água boa de beber é água boa de fazer cerveja. **A primeira função da água na cerveja é não atrapalhar** a produção de uma boa cerveja. Estes parâmetros que acabamos de estudar nos dizem exatamente isso. Água insípida, incolor e inodora deixa o caminho livre para os demais ingredientes trabalharem e criarem a cerveja sem a influência da água.

Algumas águas vêm naturalmente com quantidades grandes de sais diluídos. A correção de sais da água é possível, porém acarreta em mais processos e gastos desnecessários. Por isto, um dos **pontos de partida para implantação de uma cervejaria é a análise da água**. Por outro lado, a água pode ser utilizada para dotar o produto final de características específicas, neste caso o produto final é dependente da composição da água.

Mas há alguma **característica da água que pode criar um diferencial na cerveja**? Há sim, principalmente a dureza.

## 2.1.1 Dureza

Vida dura, água dura. Como a água pode ser dura? Em função da quantidade de sais nela dissolvidos. Como vimos no capítulo anterior, a água possui sais dissolvidos. É a quantidade desses sais que determina a dureza da água.

É denominada de dureza total a soma dos sais solúveis de cálcio e magnésio na água. A dureza pode ser dividida em dureza temporária e dureza permanente. Vamos entender o que estes conceitos significam:

### 2.1.1.1 Dureza Temporária

Constituída por sais de carbonato e bicarbonato de cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). Ela é considerada temporária porque pode ser eliminada durante a fervura, não mantendo os sais na receita até o final do processo cervejeiro. Vejamos suas fórmulas químicas:

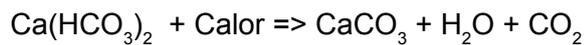
Carbonato de Cálcio -  $\text{CaCO}_3$

Bicarbonato de Cálcio -  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

Carbonato de Magnésio -  $\text{MgCO}_3$

Bicarbonato de Magnésio -  $Mg(HCO_3)_2$

Tanto o carbonato de cálcio quanto o carbonato de magnésio são pouco solúveis e serão precipitados e filtrados no processo de fabricação de cerveja. Já os dois **bicarbonatos, quando fervidos juntamente com a água, se transformam em carbonatos** + água + gás carbônico. Olha só:



Vamos contar para ver se dá certo: Temos um átomo de Ca em cada lado, dois átomos de H, dois átomos de C e seis átomos de O. Fechou a conta. Como eles se transformam em carbonatos eles também vão se precipitar e sair da cerveja. E a dureza permanente, o que é?

### **2.1.1.2 Dureza permanente**

Composta por sais solúveis de sulfatos de Ca e Mg e cloretos de Ca e Mg, esta é considerada permanente pois não é eliminada por fervura, se mantendo na cerveja ao final do processo.

Vejamos suas fórmulas químicas:

Sulfato de Cálcio -  $CaSO_4$

Cloreto de Cálcio -  $CaCl_2$

Sulfato de Magnésio -  $MgSO_4$

Cloreto de Magnésio -  $MgCl_2$

Mesmo após a fervura estes compostos não são eliminados. Como são sais solúveis em água, a sua eliminação por filtração também não ocorre. Desta forma, estes sais seguirão na cerveja pronta.

Mas de onde vêm estes sais? **Os constituintes presentes na água podem variar em função do solo, do clima e da poluição.** Por exemplo, águas provenientes de zonas calcárias apresentam maior concentração de íons de cálcio e magnésio na forma de bicarbonatos, isso porque a água está em contato com estes minerais do solo e por serem solúveis acabam sendo incorporados à água.

A existência destes sais, na forma de íons, causa um fenômeno chamado alcalinidade.

## 2.1.2 Alcalinidade

A água pode conter algumas substâncias que a tornem alcalina. Estes compostos são: hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos. Seguem alguns exemplos de sais que podem estar presentes na água:

Substâncias de Caráter Alcalino	
Hidróxido de cálcio	Ca (OH) <sub>2</sub>
Hidróxido de magnésio	Mg (OH) <sub>2</sub>
Hidróxido de sódio	NaOH
Hidróxido de potássio	WKOH
Carbonato de sódio	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Carbonato de potássio	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Carbonato de cálcio	CaCO <sub>3</sub>
Carbonato de magnésio	MgCO <sub>3</sub>
Bicarbonato de sódio	NaHCO <sub>3</sub>
Bicarbonato de cálcio	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Bicarbonato de magnésio	Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>

**Quadro 03: Os sais presentes na água**

Fonte: Os Autores

A alcalinidade da água normalmente é devida ao seu conteúdo de íons de bicarbonato que normalmente estão combinados com íons de Ca e Mg. Desta forma, a alcalinidade total é um parâmetro para dureza de carbonatos da água.

**Alcalinidade total = dureza de carbonatos**

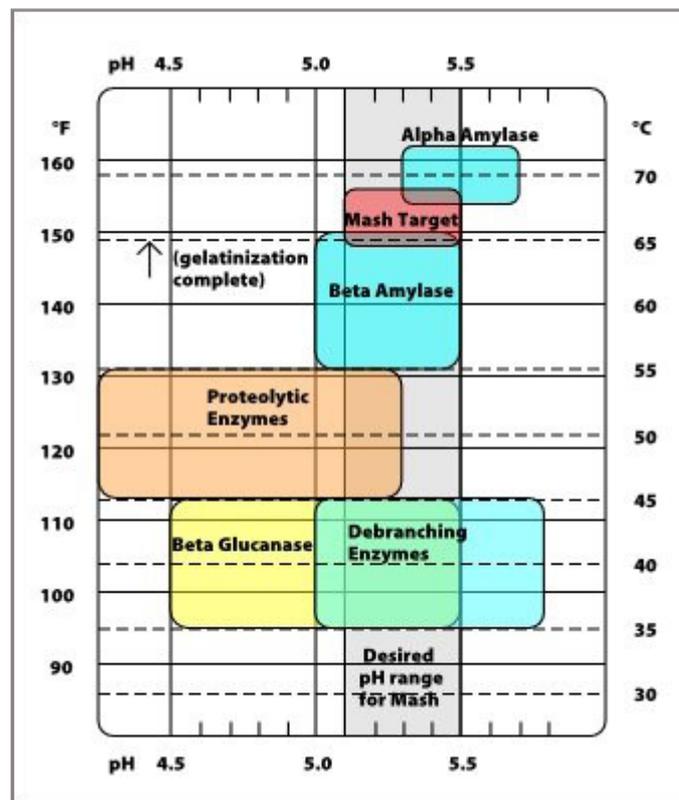
A alcalinidade nos leva ao nosso velho conhecido, o pH da água, lembram dele? É extremamente importante o controle do pH para que as reações químicas e biológicas necessárias para a produção de cerveja ocorram.

### 2.1.3 pH

Falamos no capítulo anterior sobre o pH da água pura. Este pH é neutro e é representado pelo número 7,0, porém as água de lagos, rios, fontes e depósitos subterrâneos nunca são quimicamente puras, pois contêm compostos dissolvidos. E mesmo a água de fornecimento urbano, após sofrer os tratamentos necessários para se tornar potável, pode ter pH diferente. Ou você achou que tomava água pura?

Segundo a portaria 2914/11 Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água, no Art. 39º, § 1º Recomenda que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

Ou seja, o pH da água potável (água de abastecimento urbano) pode compreender esta variação. Mas aí temos um problema: o pH para mostura deve ser levemente ácido, em torno 5,0. Vejamos na figura a seguir que demonstra o pH ideal de atuação para algumas enzimas:



**Figura 24: Temperatura e pHs de ativação enzimática**

Fonte: [http://brewingsessions.blogspot.com.br/2008/04/brassagem\\_25.html](http://brewingsessions.blogspot.com.br/2008/04/brassagem_25.html) - acesso em 28/05/2014.

O pH tem grande importância para a atuação das enzimas. Como necessitamos da ação de algumas enzimas específicas, para fazer cerveja, devemos sempre ter o pH controlado.

Vixe! Então o que devemos fazer para que a água tenha o pH ideal para a produção de cerveja? Tranquilo! No início da mostura, a adição do malte faz que o pH da solução diminua um pouco e, dependendo do pH inicial da água, esta redução ocasionada pelo malte já pode ser suficiente. Caso esta redução não seja suficiente, pode ser adicionado à água algum ácido “de grau alimentício” como o ácido láctico ou fosfórico, ou ainda, pode ser feita a adição de malte acidificado.

Mas, quais problemas podem ocorrer se o pH não é controlado?

As enzimas do mosto atuam idealmente na faixa de pH entre 4,5 – 5,5, tendo seu desempenho prejudicado quando da atuação em pHs diferentes. Neste caso não há a quebra do amido, o que prejudica a fermentação.

O pH do mosto vai interferir na intensidade do amargor e em sua qualidade. Um pH mais elevado propicia uma maior isomerização (logo, mais amargor), porém, **o amargor obtido em pH mais baixo é considerado de melhor qualidade.**

A fermentação também é prejudicada caso não haja controle de pH, pois as reações bioquímicas não ocorrem e as leveduras não conseguem trabalhar. O controle do pH da água é, juntamente com o controle de íons e eliminação de impurezas, um dos segredos de uma boa cerveja.

Vamos continuar nossos estudos com algo mais sólido. Que tal o malte?

## 2.2 Malte

O malte consiste em um cereal que passou por um processo de germinação controlada, sob condições pré-determinadas. Então o malte não é um produto específico? Não, ele é resultado de um processo que se chama maltagem.

Neste processo é fornecida aeração, umidade e temperatura ao grão do cereal para que ele inicie a germinação. Nesta fase se desenvolvem as enzimas necessárias para produção de cerveja e ocorrem modificações no grão, transformando as cadeias de amido contidas nele

em cadeias menores, que tornam o grão mais macio e solúvel.

**Então ocorrem duas reações importantes na maltagem da cevada:**

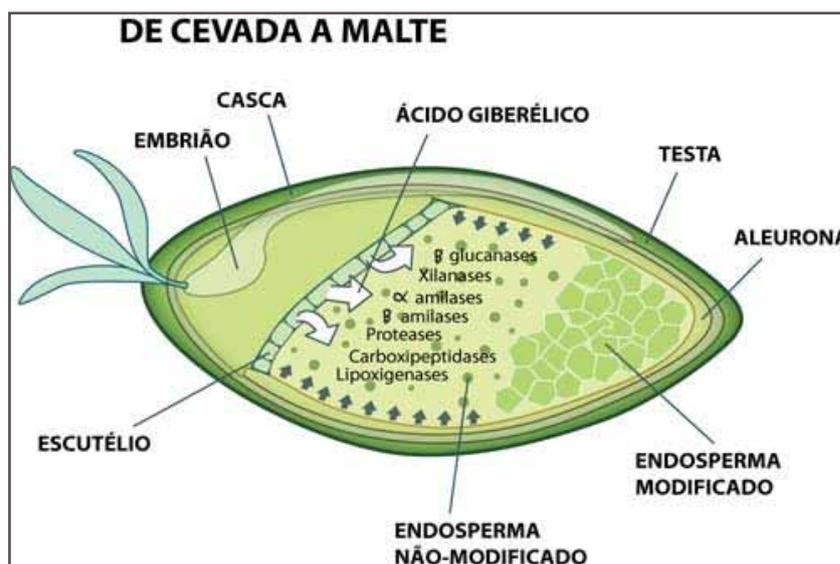
- 1. Desenvolvimento de enzimas necessárias para a produção de cerveja;**
- 2. Modificações no grão que transformam grandes cadeias de amido em cadeias menores.**

Em um dado momento, interrompe-se a germinação e secam-se os grãos, com temperatura regulada, a fim de evitar a destruição das moléculas orgânicas, entre as quais estão as enzimas e o amido.

Após a germinação e a sua interrupção, o produto obtido é chamado de malte verde. Para chegar ao malte que conhecemos, ele deve ser submetido ao processo de secagem e torrefação. Aí então, após estes processos, temos o malte propriamente dito.

O principal cereal que pode ser maltado é a cevada. Isso se deve às características fisiológicas específicas da cevada que facilitam a produção de cerveja. Algumas substâncias presentes na cevada têm grande importância nos processos de maltagem e de produção de cerveja. Elas compõem os polissacarídeos das paredes celulares, o amido, as proteínas e os lipídios.

Na figura a seguir observamos a estrutura da cevada e sua transformação em malte:



**Figura 25: Estrutura do Malte**

Fonte: <http://veja.abril.com.br/saladeaula/140909/a-loira-que-vem-do-fungo.shtml> - acesso em 12/06/2014

Volte sempre que necessário a figura anterior quando utilizarmos os termos que definem as diferentes partes da estrutura da cevada. Na disciplina de Insumos ou de Malte você estudará esta figura a fundo, por isso não vamos nos aprofundar nela. Seguiremos com as partes constituintes da cevada e do malte. Começaremos com os polissacarídeos das paredes celulares.

### **2.2.1 Polissacarídios das paredes celulares**

Estes compostos estão presentes nas paredes do endosperma. São os polissacarídeos de maior cadeia molecular presentes no malte. Os dois de maior importância para nós são os beta-glucanos e pentosanos. Eles **restringem o rendimento do malte aumentando a viscosidade do mosto**. Caso eles estivessem no mosto final teríamos uma solução com alta turbidez, cheia de precipitados ou pastosa.

Como o objetivo é ter açúcares de cadeia pequena, para que as leveduras possam trabalhar, manter intactos estes polissacarídeos causa uma grande perda de eficiência no processo cervejeiro.

Os beta-glucanos são moléculas de cadeia muito longa e de alto peso molecular. As suas propriedades de ligação e o grande tamanho de cadeia acabam resultando em substâncias viscosas que são prejudiciais à mostura.

Durante o processo de germinação da cevada, a quebra enzimática dos beta-glucanos acontece em duas etapas: a **solubilização** e em seguida a **hidrólise** (quebra).

As enzimas envolvidas na solubilização são genericamente designadas por “solubilases”. **A solubilase está presente na cevada, e se desenvolve em maior quantidade durante a germinação**. Este é um dos motivos que justificam a necessidade da maltagem. Quanto mais solubilase, mais facilmente as cadeias de polissacarídeos são quebradas.

A etapa da hidrólise é feita pelas enzimas chamadas endo-beta-glucanases. As **endo-beta-glucanases convertem as moléculas de beta-glucanos em oligossacarídeos** – olha só, quebram polissacarídeos e transformam em oligossacarídeos, que são menores – contendo três a quatro unidades de glicose, e posteriormente em **glicose**.

A beta-glucanase tem pouca ou quase nenhuma presença na cevada, sendo que sua

produção acontece durante a maltagem. Maltar então é absolutamente necessário neste caso.

Outra questão importante é como estas enzimas se comportam durante o processo de maltagem. A solubilase é resistente ao incremento de temperatura, sendo que boa parte sobrevive a temperaturas em torno de 65°C por cerca de 1 hora. Já as beta-glucanases advindas do malte são destruídas em cinco minutos a essa temperatura.

Se não controlamos a torrefação, por exemplo, podemos matar estas enzimas. Por isso torna-se necessário um controle rigoroso de secagem do malte para que se conservem as beta-glucanases.

No processo de fabricação, notadamente na fase de mostura, é extremamente importante o controle de temperatura, já que a solubilase deve resistir ao processo de mostura, liberando glucanos que tenham sobrevivido ao processo de maltagem ou advindos de adjuntos não maltados.

Caso tenhamos uma inativação prematura das beta-glucanases, não será possível eliminar os glucanos liberados. Por isto geralmente são utilizadas temperaturas menores no início da mostura.

**Resumindo: os polissacarídeos das paredes celulares estão presentes na cevada e devem ser quebrados em moléculas menores.**

Compreendida mais esta etapa, vamos seguir com o amido?

## **2.2.2 Amido**

O amido é a principal fonte de açúcares fermentáveis do malte. Como vimos no capítulo anterior, o amido é um polissacarídeo, um açúcar complexo de estrutura grande que a levedura não consegue metabolizar. Para quebrar o amido, as enzimas são de fundamental importância, pois são elas que fazem a quebra das cadeias de amilose e amilopectina em açúcares menores (processo chamado de sacarificação do amido). Somente por meio da ação das enzimas é possível se obter uma completa conversão do amido em glicose, necessária para a fermentação cervejeira.

**NÃO ESQUEÇA!**

**As duas principais cadeias de amido da cevada são amilose e amilopectina**

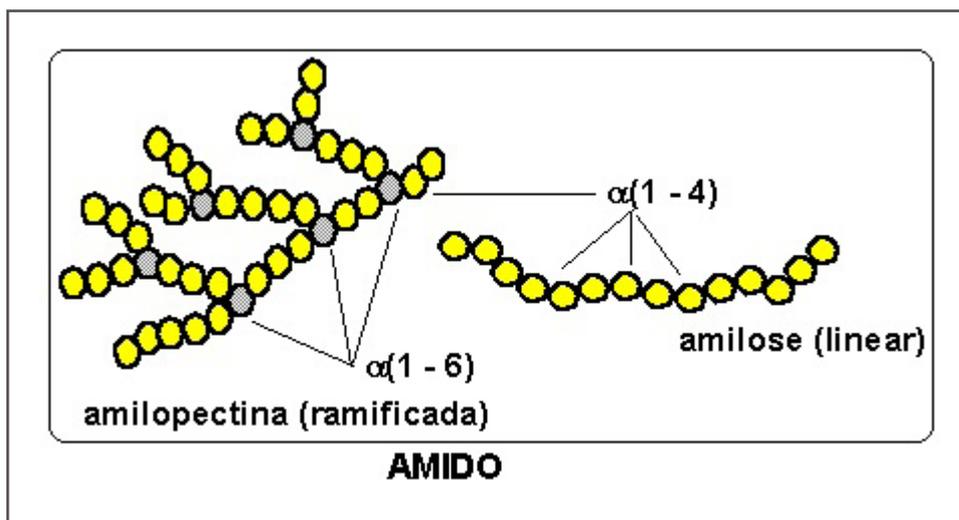
Falamos da importância das enzimas. Você se lembra que as enzimas são proteínas?

### 2.2.3 Proteínas

As proteínas que nos interessam são as enzimas, já estudadas no capítulo anterior. Relembramos que a ação das enzimas é bastante específica, porque existe um “encaixe” perfeito entre a enzima e o substrato. Por isso, substratos que se “encaixam” em uma determinada enzima não se “encaixam” em outras diferentes, e a reação não ocorre. Logo, determinadas enzimas só funcionam com determinados substratos.

As enzimas do malte mais importantes para o processo cervejeiro são a alfa-amilase, a beta-amilase e a dextrinase-limite. **A alfa-amilase e a dextrinase-limite se desenvolvem durante a germinação, não estando presente na cevada pura.** A beta-amilase já existe, ainda que de forma inativa, no endosperma da cevada.

Vamos entender melhor isto e como atuam estas enzimas:

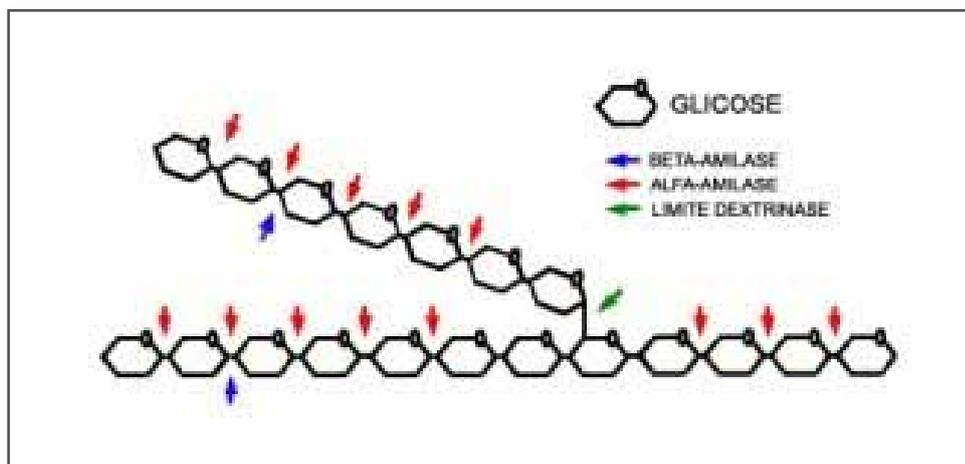


**Figura 26: Componentes do amido**

Fonte: [http://www.reocities.com/capecanaveral/launchpad/9071/Carboidratos\\_est.html](http://www.reocities.com/capecanaveral/launchpad/9071/Carboidratos_est.html)  
- acessado em 20/05/2014

- As enzimas alfa-amilase fazem a quebra das ligações alfa 1-4 na amilose e na amilopectina;
- As beta-amilase, também fazem a quebra de ligações alfa 1-4, porém apenas pelas extremidades não redutoras das cadeias, liberando uma maltose de cada vez.
- As dextrinase-limite, quebram as ligações alfa 1-6 nas amilopectinas.

Na figura a seguir podemos observar onde atuam as enzimas em uma molécula de amilopectina:



**Figura 27: Ação das enzimas na amilopectina**

Fonte: <http://www.hominilupulo.com.br/cevijas-caseiras/brassagem-avancada/> - acesso em 15/05/2014

Agora que entendemos a ação das enzimas, vamos finalizar esta parte com os lipídios.

## 2.2.4 Lipídios

Na cevada, um terço dos lipídios está presente no embrião e o restante está espalhado no endosperma e na aleurona. O principal **impacto da presença dos lipídios na cerveja é sobre a qualidade da espuma e a estabilidade organoléptica. Para tudo! O que é estabilidade organoléptica?**

**Propriedades organolépticas:** são características dos produtos que podem ser percebidas pelos sentidos humanos, como a cor, a luz, o odor, o sabor, o brilho, o som, a textura, etc. Cerveja tem muitas propriedades organolépticas. E som? Ah, pensa bem, tem também.

Voltando ao raciocínio... Os componentes lipídicos de maior valor são os ácidos graxos. São eles que mais impactam na estabilidade do sabor e são os ácidos poli-insaturados (linoléico e linolênico) que provocam oxidação, formando off-flavors característicos do envelhecimento da cerveja.

Pelo fato dos lipídios serem pouco solúveis, muitos deles não são degradados e tendem a se associar com compostos insolúveis, sendo separados com o bagaço do malte, e compostos da turvação a frio.

Aqui finalizamos os principais compostos químicos da cevada e do malte. Seguiremos nossos estudos com o lúpulo.

## 2.3 Lúpulo

Os principais componentes do lúpulo para o processo cervejeiro são os óleos essenciais que são encontrados em quantidades de 0,5 a 2%, os polifenóis encontrados de 4 a 14%, e as resinas (substâncias amargas) encontradas de 12 a 22% do extrato seco do lúpulo. Estes percentuais não são fixos, variam de acordo com a variedade de lúpulo.

Na figura abaixo observamos os principais componentes do lúpulo:

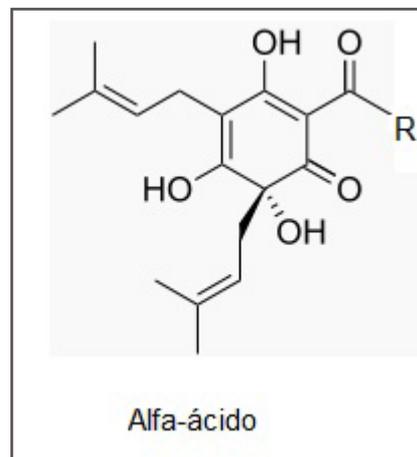


**Figura 28: Principais componentes do lúpulo de interesse ao processo cervejeiro**  
Fonte: Os autores

Vamos começar o nosso estudo do lúpulo pelas resinas. As resinas são os compostos que geram o amargor do lúpulo. Desta forma, elas são primordiais para a produção cervejeira, pois são as responsáveis por conferir o amargor à cerveja.

Quando tratamos de lúpulo, falamos muito em alfa-ácidos ou ( $\alpha$ -ácidos). Estes compostos são insolúveis a frio, explicando um pouco a necessidade do aquecimento do mosto no momento da adição do lúpulo. Durante o processo de fervura do mosto eles sofrem alterações na sua estrutura, cujo processo denominamos de “isomerização”. Isso forma os alfa-iso-ácidos, que são compostos muito mais solúveis, que podem ser incorporados ao mosto.

Os ácidos alfa chamados humulona são os principais exemplos. Vejamos a estrutura dos alfa-ácidos:



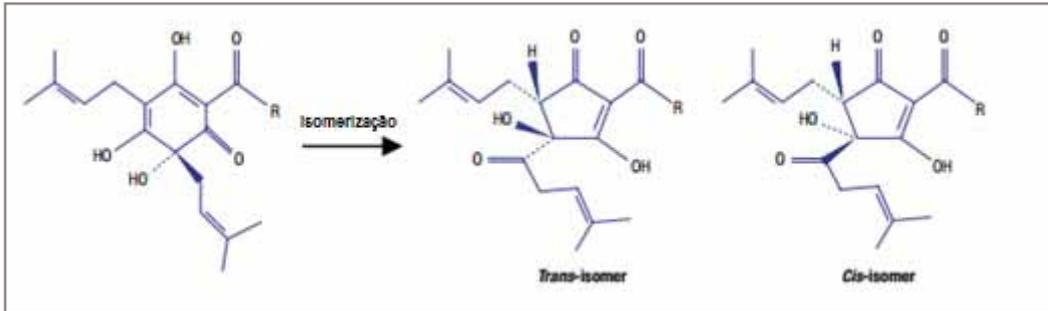
**Figura 29: Estrutura dos alfa-ácidos**

Fonte: Os Autores

Nesta figura podemos nos familiarizar com uma estrutura espacial. Os nós (pontos de encontro entre linhas) representam os átomos de carbono (C), as linhas duplas são ligações duplas e o R é a continuação da cadeia que vai dar nome e característica especial ao alfa-ácido. O O e o H você já conhece, são Oxigênio e Hidrogênio.

Em torno de 1/3 dos alfa-ácidos são convertidos em alfa-iso-ácidos no mosto. Por serem mais solúveis que os alfa-ácidos, os alfa-iso-ácidos conferem amargor em maior intensidade a cerveja. Quanto mais solúvel, mais se mistura ao mosto.

Na figura abaixo podemos observar o processo de isomerização:



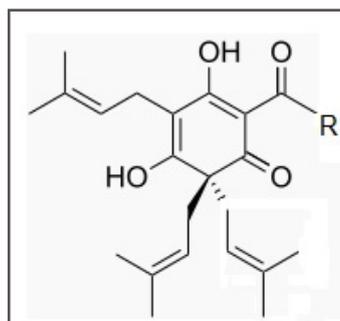
**Figura 30: Transformação do alfa-ácido em alfa-iso-ácido.**

Fonte: Os autores

Percebemos a diferença entre os alfa e os alfa-iso-ácidos. Esta alteração de estrutura que melhora a solubilidade e dá a característica esperada para a cerveja que estamos produzindo.

Os beta-ácidos ( $\beta$ -ácidos) também contribuem para o amargor da cerveja, porém em menor intensidade, além de possuírem ação bactericida. Como exemplo de beta-ácidos temos a Lupulona.

Na figura abaixo podemos observar a estrutura dos beta-ácidos:



**Figura 31: Estrutura dos beta-ácidos**

Fonte: Os Autores

Você percebeu que os beta-ácidos são diferentes dos alfa-ácidos? Esta estrutura diferente gera resultados distintos na bebida. Quando você se aprofundar mais no lúpulo você perceberá como utilizar os alfa e beta-ácidos para gerar características específicas na sua cerveja.

Já os óleos essenciais são responsáveis por conferir ao mosto e à cerveja o aroma do lúpulo. Como os óleos essenciais são compostos voláteis, durante a fervura do mosto, em

torno de 97% destes óleos essenciais são eliminados. É por este motivo que a adição de lúpulo no mosto é feita em dois momentos:

- No início da fervura, para se extrair o máximo possível de amargor do lúpulo;
- Ao final da fervura, para extrair e “armazenar” os aromas do lúpulo.

Mas isto veremos na disciplina de lúpulos do seu curso.

Os polifenóis contidos no lúpulo influenciarão o paladar e o corpo da cerveja, além de terem o efeito de precipitarem proteínas. Os polifenóis possuem também efeito antisséptico e bacteriostático, o que auxilia no aumento do tempo de prateleira da cerveja.

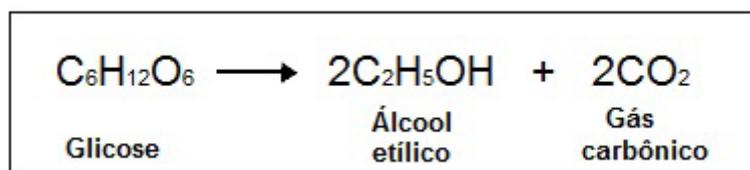
Olha só quanto a cerveja depende do lúpulo: temos os alfa e beta-ácidos que dão o amargor, os óleos que transferem o aroma, os polifenóis que influenciam o paladar e o corpo da cerveja e ainda temos questões ligadas à conservação da cerveja auxiliadas por alguns destes compostos.

Agora que conhecemos as questões químicas do lúpulo, vamos às leveduras?

## 2.4 Levedura

A levedura é um dos quatro principais ingredientes utilizados na produção de cerveja, podendo ser considerado o mais importante. As leveduras, assim como os bolores, são fungos. Boa comparação, né? Deu até vontade de tomar cerveja.

Elas são utilizadas na produção de cervejas principalmente em função da sua capacidade de transformar os açúcares em álcool. Segue reação que representa a fermentação:



**Figura 32: Estrutura dos beta-ácidos**

Fonte: Os Autores

Temos uma molécula de glicose que será transformada em duas moléculas de álcool e duas de gás carbônico. Esta transformação se dá por meio da ação das leveduras.

Os microrganismos (leveduras são microrganismos) podem ser divididos quanto ao seu processo de respiração em *aeróbicos*, *anaeróbicos* e *facultativos*. No **processo aeróbio, os microrganismos necessitam de oxigênio para respirar**. No **processo anaeróbio o oxigênio não é necessário**. Já no processo facultativo, o microrganismo respira na presença ou na ausência de oxigênio.

Na fermentação, o trabalho da levedura é dividido em duas etapas:

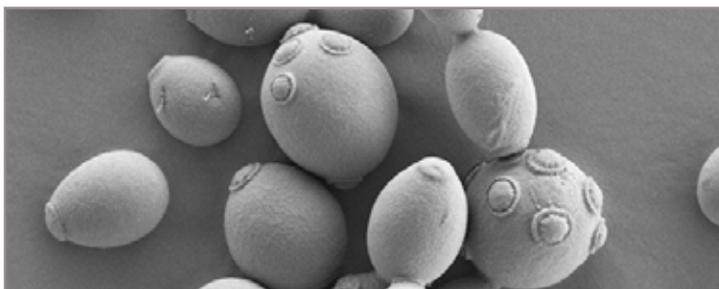
1) Inicialmente é fornecido oxigênio ao mosto. **Quando a levedura é adicionada ao meio contendo oxigênio, passa a se propagar** (multiplicar), caracterizando um processo aeróbico.

2) Quando é eliminado o oxigênio, é iniciada a fase anaeróbica, **a levedura passa a consumir os açúcares do meio e produzir CO<sub>2</sub> e etanol**.

Ou seja, a levedura tem a capacidade de sobreviver em ambientes com e sem a presença de oxigênio, sendo assim é considerada um microrganismo de processo facultativo. Assim, ela **primeiro se multiplica e depois devora os açúcares**.

Mas como ocorre sua multiplicação? Sua reprodução é assexuada por brotamento (gemulação). Ocorre uma dilatação na sua superfície externa denominada de gomo, e este gomo separa-se da levedura dando origem a uma nova levedura.

No local onde aconteceu o brotamento permanece uma cicatriz, de forma que uma levedura com muitas cicatrizes já deu origem a várias novas leveduras. Podemos visualizar as cicatrizes na figura a seguir:



**Figura 33: Cicatrizes das leveduras**

Fonte: <http://www.condadodacerveja.com.br/tag/leveduras/> - acesso em 31/05/2014

Você acha que esta levedura pode se multiplicar eternamente? Está claro que não. A vida útil da levedura é determinada pelo número de divisões celulares pela qual ela passou e é medida pelo número de cicatrizes na sua superfície. Uma levedura nova pode se dividir e produzir entre 10 e 33 novas leveduras.

**Alguns fatores afetam a multiplicação das leveduras, entre eles o tipo de cepa e a concentração de açúcares no mosto.** Altas concentrações de glicose no mosto provocam a inibição da respiração das leveduras (fase de multiplicação celular). Ou seja, muito açúcar atrapalha.

Os dois tipos de leveduras mais utilizados na produção de cervejas são as leveduras de fermentação alta (*Saccharomyces cerevisiae*), utilizada na produção das cervejas Ale, e as leveduras de baixa fermentação (*Saccaromyces uvarum*, também conhecidas por *Saccaromyces carlsbergensis*), utilizadas nas cervejas Lagers.

As diferenças básicas entre estes dois grupos de leveduras são:

- As leveduras de alta fermentam em temperaturas normalmente entre 12° e 26°C e, durante a fermentação, as células de levedura tendem a ficar na parte superior do tanque, formando uma espécie de espuma.
- Por outro lado, as leveduras de baixa fermentam em temperaturas entre 7° e 15°C e sua fermentação é mais lenta. Aqui estão explicadas as duas principais famílias de cerveja.

E as Lambics?

Além destas duas leveduras temos ainda um terceiro tipo de leveduras, as *Brettanomyces lambicus*, que crescem naturalmente e são utilizadas na produção de cervejas por fermentação espontânea, ou seja, o processo ocorre naturalmente e sem a adição de leveduras ao mosto.

Em certas regiões onde esta levedura está presente, após a produção do mosto, os tanques permanecem abertos para que estas leveduras existentes no ambiente se depositem no mosto e iniciem a fermentação. Este tipo de fermentação é característica das cervejas Lambic, tradicionais da Bélgica.

As leveduras também têm influência sobre o caráter final da cerveja, principalmente no sabor e aroma. As leveduras podem transmitir para a cerveja notas florais, frutados ou minerais. Estas notas podem ser uma característica do estilo de cerveja, mas em muitos casos são

indesejados. Como exemplos de notas indesejadas temos o diacetil (aroma e paladar de manteiga), clorofenol (cloro, plástico, medicinal), oxidado (papel) ou solvente (acetona).

Percebemos então que as leveduras são relevantes no processo de produção de cerveja, derivando da nossa escolha a família de cerveja que teremos (lager, ale ou lambic), as características do estilo pretendido e o resultado sobre o produto final.

**Um brinde!**

**Nunca esqueça que: “O cervejeiro faz o mosto, mas quem faz a cerveja são as leveduras!”**

Acabamos o capítulo por aqui? Ainda não. Temos que estudar as Especiarias e os Adjuntos.

## 2.5 Adjuntos

Além dos quatro ingredientes básicos para a produção de cerveja, podemos utilizar outros produtos? Segundo a lei da pureza, não. Mas, como a lei da pureza só vale na Alemanha, e assim mesmo com exceções, há outros ingredientes que podemos adicionar. Estes ingredientes são chamados adjuntos.

Lembra daquela história que a cerveja tradicional, produzida em larga escala (massificada), que tomamos tem milho e arroz? É verdade. Mas não é um crime. Cerveja com adjunto não é sinônimo de falta de qualidade, assim como cerveja puro malte não é sempre boa.

As duas funções básicas dos adjuntos são:

- 1) Servir como fonte de amido ou
- 2) Dar características específicas de sabor ou aroma na cerveja.

Para fins didáticos, chamaremos os primeiros simplesmente de adjuntos e os segundos de especiarias.

**Adjuntos = Fontes Alternativas de Carboidratos + Especiarias**

Seguindo a lógica de chamar as fontes alternativas de carboidratos de adjuntos, os adjuntos são utilizados na cerveja por questões econômicas. A utilização de cereais mais baratos que o malte como fonte de amido representa diminuição no custo do produto. Os adjuntos mais utilizados são o arroz e o milho.

Os adjuntos não devem interferir nas características da cerveja, devendo ser o mais brando possível. O arroz, por ter um sabor bastante suave, raramente afeta o produto final. O milho possui um sabor doce e suave, compatível com muitos estilos de cervejas, e fornece alto rendimento em extratos. Por isso, é o adjunto mais utilizado pelas grandes indústrias.

Os adjuntos podem ser divididos em dois grupos principais: os tratados previamente e os que necessitam tratamento. Vamos a eles:

- Adjuntos tratados previamente: Basicamente são os xaropes e o açúcar puro. Eles são tratados previamente em outras indústrias para que a sua adição possa ser feita diretamente na panela de fervura.

Como exemplo, podemos citar:

Xarope de amido - São elaborados a partir do amido ou de seus derivados; Xarope de açúcar invertido – Preparado a partir de açúcar de cana (sacarose), mediante ação enzimática ou tratamento do xarope com ácido orgânico e aquecimento (que resulta na hidrólise ácida);

Açúcares – Como a sacarose.

- Adjuntos que necessitam de tratamento: São cereais como milho, arroz etc.. Estes adjuntos necessitam passar pelo processo de gelatinização e solubilização do amido. Neles, o amido que está em sua forma natural precisa ser modificado para posterior adição à mostura.

Para entender como este amido é modificado, vamos à explicação!

O amido está aglomerado de forma sólida. A quebra deste amido pelas enzimas demoraria muito tempo, podendo levar até vários dias. Para acelerar e facilitar esta quebra, procede-se a gelatinização do amido em solução aquosa aquecida, incorporando-se água. O resultado é um aumento no volume do amido e alterações das ligações do amido tornando solúvel. As moléculas de amido ficam livres em solução podendo ser mais facilmente atacadas pelas enzimas.

Após o tratamento, a solução pode ser adicionada à mostura do malte, ou seja, já

servirá como fonte de amido para a cerveja. Cada tipo de cereal possui uma temperatura diferente para se atingir a gelatinização do amido. Por exemplo, para o gritz de milho a temperatura ideal está entre 62° e 75°C, para a quirera de arroz a temperatura recomendada é de 75° a 85°C.

Entendido o uso de fontes alternativas de amido para melhorar o rendimento da cerveja, seguiremos com as especiarias.

## 2.6 Especiarias

As especiarias também são adjuntos, porém, a sua finalidade é conferir características especiais de aroma e sabor à cerveja. Sua utilização pode ocorrer ao longo do processo de produção cervejeira. Normalmente se adicionam as especiarias na etapa de fervura, quando se extraem os compostos de aroma e sabor ou na maturação. Este prolongado contato do ingrediente com o líquido transfere as características desejadas.

A figura a seguir mostra algumas especiarias utilizadas:



**Figura 34: Algumas especiarias utilizadas**

Fonte: Os autores

Podemos observar sementes de coentro, anis, baunilha, flores, pimentas, canela, mel, cravo e casca de laranja. Estas são apenas algumas opções de especiarias que podem ser utilizadas na cerveja.

# CONCLUSÃO

Concluimos aqui o nosso capítulo II. Demos uma volta pelos principais ingredientes da cerveja e suas estruturas e transformações químicas e bioquímicas. Mais uma vez insistimos na necessidade do seu aprofundamento em vários destes conceitos, mas isso é tarefa de cada um dos professores das disciplinas técnicas específicas.

Relembramos novamente que este nivelamento não substitui a consulta a bibliografias de referência nos temas aqui tratados. A ideia é fazer com que você conheça algumas informações importantes e possa acompanhar as aulas com mais qualidade.

No próximo capítulo veremos a química e bioquímica dos processos de fabricação cervejeira. Antes vamos dar uma resumida?

# RESUMO

- Os polissacarídeos das paredes celulares estão presentes na cevada e devem ser quebrados em moléculas menores.
- O amido é um polissacarídeo e a principal fonte de açúcares fermentáveis do malte.
- As duas principais cadeias de amido da cevada são amilose e amilopectina.
- As proteínas de interesse para a fabricação da cerveja são as enzimas, sendo as mais importantes a alfa-amilase, a beta-amilase e a dextrinase-limite.
- O principal impacto da presença dos lipídios na cerveja é sobre a qualidade da espuma e a estabilidade organoléptica, ou seja, as características dos produtos que são percebidos pelos cinco sentidos humanos.
- Os principais componentes do lúpulo para o processo cervejeiro são os óleos essenciais, os polifenóis e as resinas.
- As resinas são os compostos que geram o amargor do lúpulo.
- Os alfa-ácidos são compostos insolúveis a frio, os beta-ácidos também contribuem para o amargor da cerveja e os óleos essenciais são responsáveis por conferir à cerveja o aroma do lúpulo.
- As leveduras são fungos e podem ser consideradas um dos principais ingredientes da cerveja.
- As leveduras são microrganismos que podem ser divididos em aeróbicos, anaeróbicos e facultativos.
- As leveduras podem ser de alta fermentação (12°C a 26°C) ou de baixa fermentação (7°C a 15°C).

- Adjuntos são ingredientes adicionais cujas funções são servir como fonte de amido ou dar características específicas de sabor ou aroma na cerveja.
- Adjuntos tratados previamente são os xaropes e o açúcar puro e são tratados previamente em outras indústrias.
- Os adjuntos que necessitam de tratamento são os cereais que precisam passar pelo processo de gelatinização ou solubilização do amido.
- As especiarias também são adjuntos e sua finalidade é conferir características especiais de aroma e sabor à cerveja.

## Capítulo 3

# Processos de Produção

### Objetivos de Aprendizagem

- Identificar os principais conceitos relacionados a química e bioquímica dos processos de produção.
- Relacionar os conceitos com o processo produtivo.
- Entender as transformações químicas e bioquímicas que acontecem durante o processo de produção.

# INTRODUÇÃO

Chegamos ao último capítulo do nosso nivelamento após estudarmos os conceitos gerais de química e bioquímica necessários para o entendimento do processo cervejeiro. Também estudamos a química e bioquímica dos ingredientes, nos faltando agora entendermos o que ocorre na produção.

Não vamos explicar, passo a passo, o processo produtivo da bebida. Nosso foco são as reações químicas, já que os temas específicos serão tratados em outras disciplinas de seu curso.

Iniciaremos com o tratamento da água, passaremos pela moagem, mostura, resfriamento, fermentação, maturação e terminaremos com o envase e finalização. Vamos começar?



## 3.1 Tratamento de água

Como estudamos no capítulo anterior, a água é a matéria-prima preponderante na cerveja e tem muito impacto sobre a qualidade e características do produto final. Dentro da cervejaria a água é dividida em “água cervejeira ou água nobre” e “água de serviço”.

Para ser considerada água cervejeira a água deve ser:

- Potável;
- Isenta de microrganismos;
- Sais minerais na quantidade adequada;
- Isenta de cloro;
- Insípida, Incolor e Inodora
- Isenta de impurezas;

Para atender a estes requisitos, a água deve passar por um processo de tratamento. Estes tratamentos variam e são feitos em função da quantidade de impurezas a serem eliminadas até que a água se torne uma água cervejeira.

As etapas do processo de tratamento de água compreendem:

**Coagulação** - Etapa em que a água recebe uma dosagem de sulfato de alumínio logo que entra na estação de tratamento. Este elemento faz com que as partículas de sujeira iniciem um processo de união e facilitam a sua retirada.

**Floculação** – Nesta fase ocorre a aglutinação das impurezas com a movimentação da água. As partículas se transformam em flocos de sujeira e também são retiradas com facilidade.

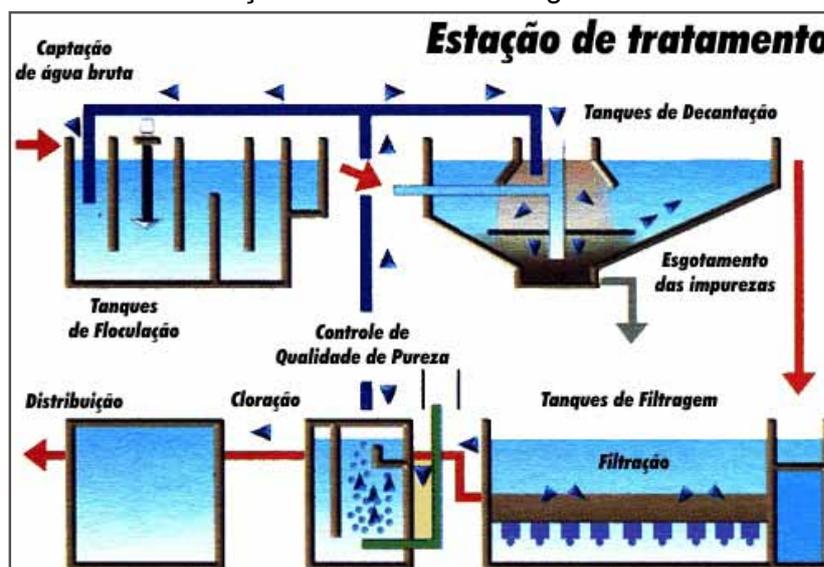
**Decantação** - Após a formação de flocos as impurezas se depositam no fundo do tanque ou ficam presas às paredes.

**Filtração** - A água passa por filtros com camadas de seixos (pedra de rio) e de areia, com granulações diversas e carvão mineral. Neste filtro ficam retidas as impurezas que não foram filtradas nas fases anteriores.

**Desinfecção** - Para desinfetar a água, pode-se utilizar o cloro. A cloração da água é de grande importância, pois elimina microrganismos nocivos à saúde humana e garante a qualidade da água até que ela atinja o ponto final de consumo. Nesse processo pode ser usado o hipoclorito de sódio, cloro gasoso ou dióxido de cloro.

**Correção de pH** - Para ser própria para o consumo a água precisa estar dentro de uma especificação de pH. Para tal é adicionada cal hidratada ou barrilha leve (carbonato de sódio) para uma neutralização adequada.

Conhecidos os processos de tratamento, podemos observar a figura a seguir que indica o fluxo de tratamento de uma estação de tratamento de água:



**Figura 35: Fluxograma de uma estação de tratamento de água**

Fonte: <http://www.samae.com.br/tratamento.asp> acesso em 26/06/14 às 17h30

### **Um detalhe a ser ressaltado!**

Como podemos perceber, a água obtida do tratamento urbano de águas chega ao destino final clorada, pois só assim é possível mantê-la livre de microrganismos. Sendo assim, antes desta água ser utilizada, é necessário realizar a decoloração. Na decoloração é feita a retirada do cloro por filtros de carvão ativo.

Como podemos observar, o tratamento básico da água consiste em:

- 1) Retirada de partículas em suspensão;
- 2) Desinfecção por meio de cloração; e
- 3) Ajuste de pH.

Além destas etapas de processo, também podemos citar a correção de sais na água. Como estudamos no capítulo anterior, a água de diferentes regiões possui composição diferente. Sendo assim, a composição de sais da água também pode ser padronizada, sobretudo no caso de cervejarias que possuem várias unidades em diferentes regiões produzindo a mesma marca de cerveja.

Já entendemos a necessidade e como funciona o tratamento de água. No capítulo anterior já havíamos estudado a preparação do malte e as reações do lúpulo. Agora nos resta entrar na produção propriamente dita.

## **3.2 Resumo do processo de produção**

Antes de entrarmos nos processos específicos, que tal analisarmos um infográfico?

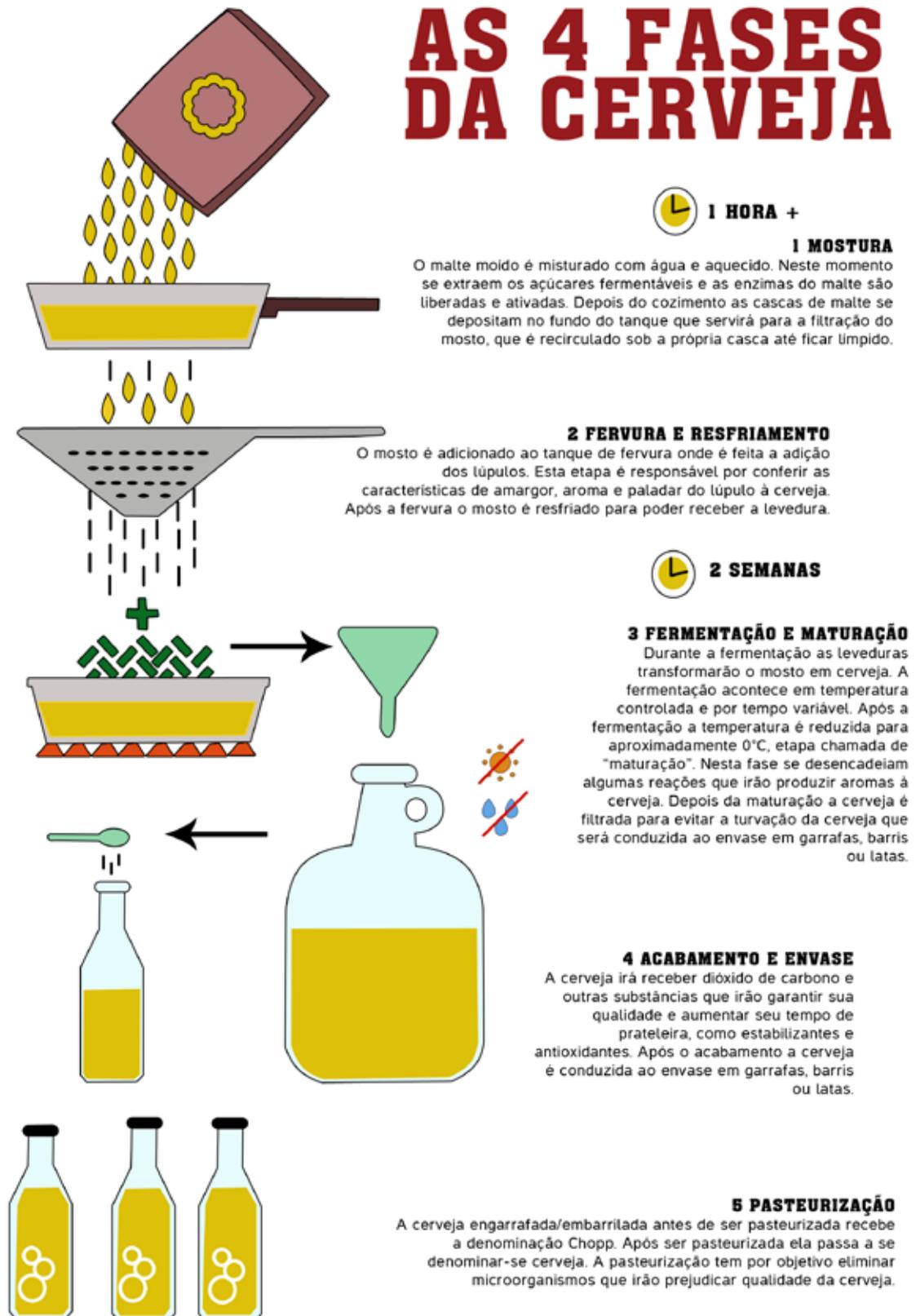


Figura 36: Resumo do processo de produção

### **Moagem e mostura**

O malte é moído e em seguida misturado com água e submetido a aquecimento. Nesta parte do processo se extraem os açúcares fermentáveis e as enzimas contidas no malte são liberadas para o meio e, sob ação de calor, são ativadas. Depois de cessado o cozimento, as cascas de malte se depositam no fundo do tanque formando uma espécie de torta que servirá para realizar a filtração do mosto. O mosto é recirculado sob a própria casca até ficar límpido.

### **Fervura e resfriamento**

O mosto é adicionado ao tanque de fervura. Depois de iniciada a fervura, o mosto recebe a adição dos lúpulos. Esta etapa é responsável por conferir as características de amargor, aroma e paladar do lúpulo à cerveja.

Após o término da fervura, o mosto é resfriado e aerado para poder receber a levedura.

### **Fermentação e Maturação**

Durante a fermentação as leveduras transformarão o mosto em cerveja. A fermentação é conduzida sob temperatura controlada por tempo variável. As leveduras consomem os açúcares existentes no mosto e produzem CO<sub>2</sub>, álcool e outros compostos. Depois de encerrada a fermentação, a temperatura da cerveja é reduzida para aproximadamente 0°C por tempo variável. Esta etapa chama-se “maturação”. Nesta fase ocorre a sedimentação de algumas partículas em suspensão e também se desencadeiam algumas reações de esterificação, que irão produzir aromas na cerveja. Após a maturação, a cerveja é filtrada, propiciando a retirada de partículas em suspensão que podem provocar a turvação da cerveja. Após o acabamento, a cerveja é conduzida ao envase em garrafas, barris ou latas.

### **Finalização e Envase**

A cerveja engarrafada/embarilhada, antes de ser pasteurizada, recebe a denominação de Chopp. Depois de ser pasteurizada, ela passa a se chamar cerveja. A pasteurização tem por objetivo eliminar microrganismos que prejudicariam a qualidade da cerveja.

Agora que conhecemos o funcionamento básico de um processo de produção cervejeira,

vamos entender os processos químicos e bioquímicos de cada etapa.

### **3.2.1 Moagem**

A função da moagem é promover um corte na casca do grão para facilitar a liberação do conteúdo de amido do seu interior para o processo. Um detalhe interessante é que se deve preservar o maior volume possível de cascas intactas (ver figura 36), pois as cascas serão importantes na fase de filtração do mosto.



**Figura 37: Moagem do malte preservando as cascas intactas**

Fonte: Os Autores

Outro fator importante para manutenção das cascas o mais intactas possíveis é a existência nelas de quantidades significativas de polifenóis, explicam Venturini Filho e Nojimoto (1999). Segundo eles, quando se procede uma moagem muito fina, com excesso de cascas quebradas, aumenta-se a quantidade de polifenóis na cerveja, o que prejudica a estabilidade podendo acarretar em turvação do produto.

Onde os grãos são incorporados no processo de produção cervejeira? Na mostura, que será nosso próximo item de estudo.

### **3.2.2 Mostura**

Após a moagem, o malte é encaminhado para a mostura e será misturado com água já

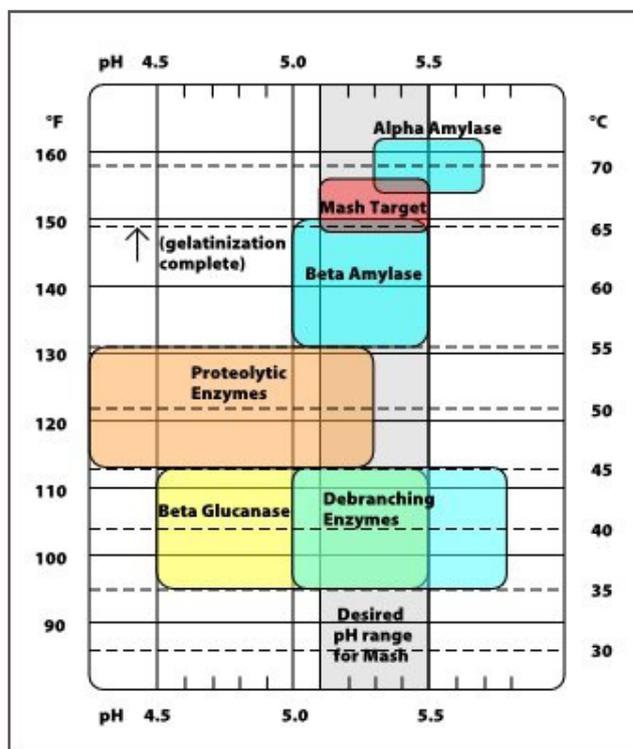
aquecida e será realizado o **cozimento deste malte**. O objetivo da mostura é a solubilização dos açúcares contidos no malte e posterior transformação mediante a ação de enzimas em açúcares fermentáveis, preparando o mosto para a etapa de fermentação. Veja bem, não falamos grego, estes conceitos você já estudou no decorrer do nivelamento.

Como já estudamos no capítulo anterior, as enzimas mais importantes do malte para o processo cervejeiro são as alfa-amilase, beta-amilase e dextrinase-limite. E como elas atuam?

Durante o cozimento do malte, os açúcares e as enzimas que estavam contidos no malte são transferidos para o mosto. As enzimas são então ativadas e dão início ao processo de sacarificação do amido (quebra do amido).

Também estudamos no capítulo anterior que a atividade das enzimas é bastante afetada pelo pH e a temperatura, sendo que esses dois parâmetros necessitam controle nesta etapa. Estes parâmetros são determinantes para uma boa eficiência na conversão do amido.

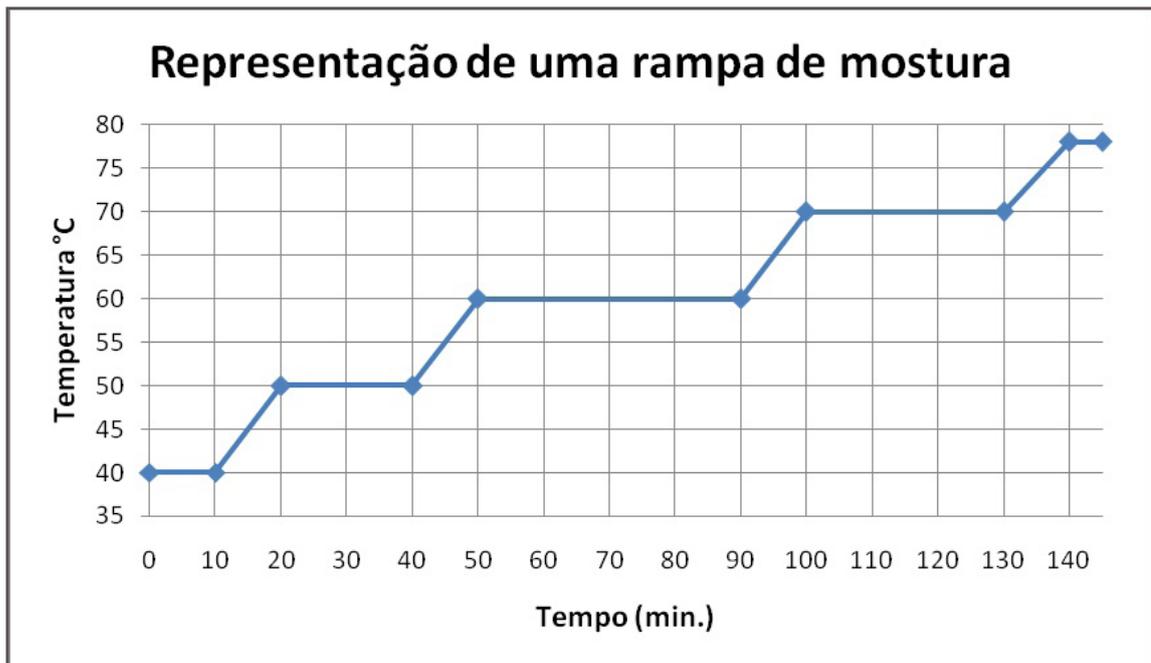
Observando a figura a seguir, podemos perceber que cada enzima possui uma faixa ótima de atuação de temperatura e pH. Se conseguirmos trabalhar em um pH de 5,3 teremos um pH bom para a atuação de todas as enzimas.



**Figura 38: Temperatura e pHs de ativação enzimática**

Fonte: [http://brewingsessions.blogspot.com.br/2008/04/brassagem\\_25.html](http://brewingsessions.blogspot.com.br/2008/04/brassagem_25.html) - Acesso em 28/05/14, às 14h

Já a temperatura ideal para cada enzima varia bastante. Em função disto, é habitual o uso de rampas com várias temperaturas na etapa de mostura como demonstrado na Figura 39. Você ainda não ouviu falar de rampas de temperatura? Acostume-se, pois faz parte dos jargões cervejeiros.



**Figura 39: Representação de uma rampa de mostura**

Fonte: Os Autores

Vamos tentar entender o gráfico. A mostura inicia a 40°C, ficando a esta temperatura por 10 minutos. Durante os próximos 10 minutos, o mosto é aquecido de 40°C para 50°C. Depois a solução passará 20 minutos a 50°C. E assim por diante.

Desta forma se obtém a atuação ideal de cada enzima e, ao final da mostura, utiliza-se a temperatura em torno de 78°C para proceder-se a inativação destas enzimas.

Ao final da mostura deve-se também obter conversão total do amido em açúcares menores. Como saberemos quando isso ocorreu? O teste prático ao fim da mostura é o teste de iodo.

Este teste pode ser feito adicionando-se, em um recipiente, algumas gotas do mosto e gotas de iodo. O iodo reage com o amido formando um complexo de coloração azul escuro. Logo, se ao final da mostura e realização do teste o resultado for um complexo de coloração azul escuro, teremos a certeza de não houve uma total conversão do amido.

Após o fim da mostura, obtemos o mosto (parte líquida) e o bagaço do malte. Só o mosto nos interessa para a etapa seguinte, a fervura. Este mosto é recirculado sobre o próprio bagaço a fim de se obter uma clarificação do líquido, utilizando o próprio bagaço como filtro. Este não é o único sistema de filtração de mosto utilizado, outros serão tratados quando for estudado o processo de produção.

Após esta filtração, o mosto segue para o tanque de fervura.

### 3.2.3 Fervura

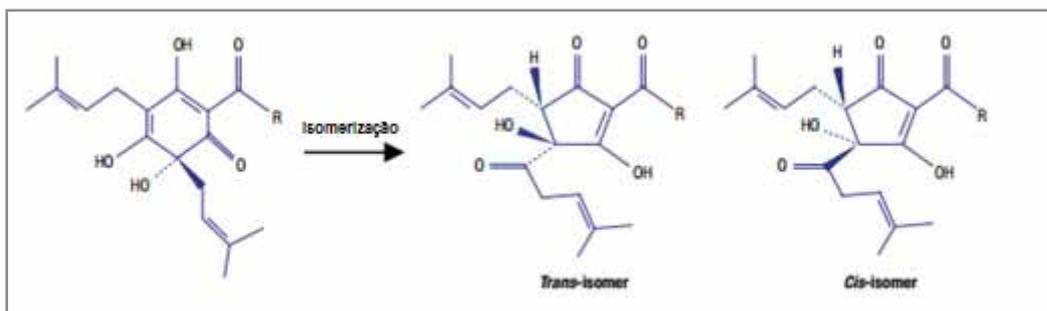
Após a mostura e filtração, inicia a fervura. O mosto é adicionado ao tanque onde é feita a adição de lúpulo e a mistura é fervida. Sem dúvida, a principal finalidade da fervura é conferir o amargor do lúpulo à cerveja. Além disso, temos outros processos importantes que ocorrem durante a fervura.

Vamos começar com o aroma e amargor de lúpulo na cerveja. Como estudamos no capítulo anterior, os principais componentes do lúpulo são:

- Resinas
- Óleos
- Polifenóis

Na etapa de fervura, os componentes de maior importância são as resinas, seguidas dos óleos e por último os polifenóis. As resinas do lúpulo são as substâncias que conferem amargor à cerveja. Durante a fervura ocorre a isomerização dos alfa-ácidos gerando os alfa-iso-ácidos. Lembram disso?

Na figura a seguir podemos observar o processo de isomerização:



**Figura 40: Transformação do alfa-ácido em alfa-iso-ácido**  
Fonte: Os autores

Em torno de 1/3 dos alfa-ácidos são convertidos em alfa-iso-ácidos no mosto. Por serem mais solúveis que os alfa-ácidos, os **alfa-iso-ácidos conferem amargor** em maior intensidade à cerveja.

A isomerização acontece durante a fervura. Logo, quanto maior o tempo de fervura, maior o rendimento do lúpulo. O pH também influencia o rendimento do lúpulo. Um pH elevado propicia uma maior isomerização, porém, o amargor obtido em pH mais baixo é considerado de melhor qualidade.

Já os **óleos essenciais são responsáveis por conferir ao mosto e à cerveja o aroma do lúpulo**. Como os óleos essenciais são compostos voláteis, durante a fervura do mosto em torno de 97% destes óleos essenciais são eliminados. É por este motivo que a adição de lúpulo no mosto é feita em dois momentos:

- **No início da fervura**, para se extrair o máximo possível de amargor do lúpulo
- **Ao final da fervura**, para extrair e “armazenar” os aromas do lúpulo

Também durante a fervura ocorre a **formação do trub**. Compostos insolúveis formam flocos e precipitam. Este precipitado é chamado de trub quente. Outros compostos formados a partir de proteínas e polifenóis permanecem solúveis durante a fervura do mosto. Porém, quando o mosto for resfriado eles precipitam e isso é chamado *trub frio*.

A precipitação da maior quantidade possível destas substâncias é importante, pois quando elas chegam até o produto final, ocasionam a turvação a frio na cerveja.

Além destes processos, também ocorre durante a fervura a **formação de compostos de aroma e gosto desagradável**, como o DMS (Dimetil Sulfeto) que é eliminado em grande parte ou em sua totalidade durante a fervura.

Durante a fervura, pela evaporação da água, se obtém a **concentração do mosto**. O mosto também se torna **mais escuro**, pois são formados compostos com poder corante (melanoidinas) e seu **pH diminui um pouco**.

E, por fim, com a fervura, se obtém a **esterilização** do mosto. Agora precisamos resfriar o mosto para que as leveduras possam ser adicionadas. Vamos em frente!

### 3.2.4 Resfriamento do mosto

Após a fervura do mosto é **necessário resfriá-lo até a temperatura de inoculação da levedura**. Como as leveduras Ale (alta fermentação) fermentam na faixa de 12° e 26°C e as leveduras Lager (baixa fermentação) fermentam entre 7° e 15°C, caso elas sejam adicionadas em temperaturas superiores serão eliminadas (mortas).

Durante a etapa do resfriamento, quando a temperatura encontra-se abaixo de 60°C, se inicia a **precipitação de algumas partículas do mosto**, que forma o chamado trub frio. Se estas partículas não forem retiradas do mosto, elas irão interferir no desempenho da levedura durante a fermentação.

Após o resfriamento do mosto é feita a sua aeração e então ele está pronto para receber a levedura. Assim pode ser iniciada a fase de fermentação.

#### **Um detalhe importante!**

Antes da adição da levedura é feita a aeração do mosto. Após as leveduras trabalharem (fermentação), a cerveja está praticamente isenta de oxigênio. Nas etapas posteriores é muito importante para a qualidade da cerveja que o nível de oxigênio seja mantido muito baixo.

### 3.2.5 Fermentação

A fermentação é a etapa de maior importância no processo de produção de cervejas, pois é nela que o mosto é transformado em cerveja graças à habilidade das leveduras em metabolizar os constituintes do mosto e gerar etanol e CO<sub>2</sub>, além de outros compostos que conferem aroma e paladar a cerveja.

São duas as etapas da fermentação:

Etapa 1: quando a levedura é adicionada ao mosto contendo oxigênio passa a se **propagar**.

Etapa 2: quando é eliminado o oxigênio, a levedura passa a consumir os açúcares do meio e **produzir CO<sub>2</sub> e etanol**.

No processo de fermentação passamos de um mosto inicialmente muito **denso**, em função da concentração de açúcares que é grande, para um mosto de densidade muito inferior ao chegarmos no final da fermentação.

Densidade!

A densidade é uma relação entre massa (m) e volume (v) e mede o grau de concentração de massa em determinado volume

Vamos entender como funciona a reação que representa a fermentação:



**Figura 41: Transformação de Glicose em Álcool**

Fonte: Os Autores

**Traduzindo...** cada 180 gramas de glicose consumidas pela levedura produzem:

- 88,2 gramas de álcool etílico (49%),
- 84,6 gramas de CO<sub>2</sub> (47%) e;
- 7,2 gramas ou (4%) de biomassa.

O que é a biomassa? É a quantidade de glicose (alimento) que a levedura retém durante o processo.

Veja bem como temos um processo eficiente. Apenas 4% da glicose consumida pela levedura fica retido com ela. Incríveis 49% se transformam em álcool etílico e 47% em gás carbônico!

Imaginemos, pois, que a glicose que será consumida na fermentação pelas leveduras seja de 5% do peso do mosto resfriado. Teremos então uma redução de açúcares durante a fermentação de 5%, que irá gerar 2,45% ( $5\% \times 49\%$ ) de álcool e 2,35% ( $5\% \times 47\%$ ) de CO<sub>2</sub> em nossa cerveja!

Já fermentamos, vamos maturar?

### 3.2.6 Maturação

Terminada a fermentação é feito o recolhimento do fermento e a cerveja é enviada para os tanques de maturação. Lá ela será mantida a temperaturas próximas a 0°C por períodos variáveis em função do estilo pretendido.

Nesta etapa do processo acontecem algumas reações que produzirão compostos de aroma para a cerveja e também acontece a sedimentação de leveduras e partículas que estão em suspensão e poderiam prejudicar a estabilidade da cerveja ocasionando turvação. Após a maturação, a cerveja é filtrada utilizando-se um filtro de terra **diatomácea**.

O diatomito ou terra diatomácea é uma rocha sedimentar, formada pela deposição dos restos microscópicos das carapaças de algas diatomáceas em mares, lagoa e pântanos. Possui estrutura que se assemelha a um favo de mel, é considerado um filtro natural.

Já fermentamos e maturamos, só falta colocar no barril ou na garrafa.

### **3.2.7 Finalização e envase**

Nesta etapa do processo, a cerveja recebe CO<sub>2</sub> e substâncias como estabilizantes e antioxidantes, que vão garantir a qualidade e aumentar o tempo de prateleira da cerveja. Prossegue-se então com o envase.

Caso tenhamos um chopp, é só colocar no barril. Caso tenhamos uma cerveja, temos que pasteurizar.

### **3.2.8 Pasteurização**

A pasteurização é a última etapa do processo de produção de cervejas e tem por objetivo eliminar microrganismos que prejudicariam as características originais da cerveja.

A pasteurização é realizada em temperaturas em torno de 60°C, quando as garrafas de cerveja passam por câmaras e recebem jatos de vapor para, em seguida, serem resfriadas com jatos de água fria.

A cerveja antes de ser pasteurizada recebe a denominação de Chope e, após a pasteurização, é chamada de Cerveja!

# CONCLUSÃO

Chegamos aqui ao final do nosso nivelamento. Nos familiarizamos com os elementos químicos e suas reações, conhecemos as enzimas, falamos de amido, fomos apresentados às leveduras.

Criamos vínculos com o lúpulo, entendemos o malte e descobrimos que os sais da água podem nos atrapalhar. Ou nos ajudar, dependendo de como fazemos uso deles. Entendemos como o fermento fermenta. Redundante mas importante.

Chegamos no fim ao processo cervejeiro em si. Moemos, brassamos, resfriamos, fermentamos, maturamos, finalizamos e envasamos. Este é o final? De modo algum, este é o início. O nosso objetivo é que você, de agora em diante, consiga entender, de forma muito mais tranquila, os processos químicos e bioquímicos por trás da nossa cerveja do dia a dia.

Este é o final do nivelamento e o início de grandes estudos!

Para não perder a mania, vamos resumir?

# RESUMO

- A água é matéria-prima essencial na produção de cerveja e classifica-se em água cervejeira ou água nobre e água de serviço.
- Para atender aos requisitos de água cervejeira, a água passa por um processo de tratamento que compreende as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e correção de pH.
- O tratamento básico da água consiste na retirada de partículas em suspensão, desinfecção por meio de cloração e ajuste de pH.
- O processo de produção da cerveja pode ser resumido em mostura, fervura e resfriamento, fermentação, maturação e finalização e envase.
- A moagem tem a função de promover um corte na casca do grão para facilitar a liberação do conteúdo de amido do seu interior para o processo de fabricação da cerveja.
- Após a moagem, o malte é encaminhado para a mostura e será misturado com água já aquecida para realização do cozimento.
- Durante o cozimento do malte, os açúcares e as enzimas que estavam contidos no malte são transferidos para o mosto. As enzimas são então ativadas e dão início ao processo de sacarificação do amido (quebra do amido).
- O teste de iodo permite verificar se ocorreu a conversão total do amido em açúcares menores na mostura.
- Após a mostura e filtração, será iniciada a fervura, cuja finalidade é conferir o amargor do lúpulo à cerveja.
- A adição do lúpulo no mosto ocorre no início da fervura e ao final da fervura. Primeiro para se extrair o máximo possível de amargor do lúpulo e, segundo, para extrair e armazenar os

aromas do lúpulo.

- Compostos insolúveis que formam flocos e precipitam durante a fervura são chamados de trub quente. O trub frio ocorre quando o mosto é resfriado e ocorre também a precipitação destes flocos.
- Depois da fervura ocorre o resfriamento do mosto até a temperatura de inoculação da levedura e também a aeração.
- A fermentação é a etapa de maior importância no processo de produção de cervejas, pois é nela que o mosto se transforma em cerveja.
- A primeira etapa da fermentação ocorre quando a levedura é adicionada ao mosto contendo oxigênio e passa a se propagar.
- A segunda etapa da fermentação ocorre quando é eliminado o oxigênio e a levedura passa a consumir os açúcares do meio e produzir CO<sub>2</sub> e etanol.
- A maturação acontece depois da fermentação e a cerveja fica mantida em tanques a temperaturas próximas de 0°C por períodos variáveis.
- A finalização e envase consiste em acrescentar CO<sub>2</sub> e substâncias como estabilizantes e antioxidantes para garantir a qualidade e aumentar a sua validade.
- A pasteurização é a última etapa do processo de produção de cervejas e tem por objetivo eliminar microrganismos prejudiciais às qualidades originais da cerveja.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FELTRE, Ricardo. **Fundamentos da química**: volume único. 2ª edição, ver. Ampl. São Paulo: Moderna, 1996.

MAHAN, Bruce M. **Química**: um curso universitário. São Paulo: Edgard Blucher, 1995.

PELCZAR Jr., Joseph Michael. **Microbiologia**: conceitos e aplicações. Volume I, 2ª edição. São Paulo: Makron Books, 1996.

VENTURINI FILHO, Waldemar G.; NOJIMOTO, T.. Aproveitamento da água de umidificação de malte da moagem úmida como matéria prima na fabricação de cerveja. Ciência, Tecnologia e Alimento. Vol. 19, n. 2, Campinas, Maio/Agosto, 1999. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20611999000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20611999000200003&script=sci_arttext) >. Acesso em 03 de julho de 2014, 15h40.

<http://www.infoescola.com/quimica/atomo/> acessado em 16/06/2014

<http://www.tabelaperiodicacompleta.com/imprimir-tabela-periodica> - acessado em 31/05/2014

<http://andre-godinho-cfq-8a.blogspot.com.br/2012/12/escala-de-ph.html> - acessado em 15/05/2014

<http://andre-godinho-cfq-8a.blogspot.com.br/2012/12/escala-de-ph.html> - acessado em 15/05/2014

<http://www.vestibulandoweb.com.br/biologia/teoria/carboidratos.asp> - acessado e em 25/05/2014.

<http://leonoronhabio.blogspot.com.br/2012/02/carboidratos-conceitos-gerais-os.html> - acessado em 19/05/2014

[http://www.reocities.com/capecanaveral/launchpad/9071/Carboidratos\\_est.html](http://www.reocities.com/capecanaveral/launchpad/9071/Carboidratos_est.html) - acessado em 20/05/2014

<http://www.hominilupulo.com.br/cervejas-caseiras/brassagem-avancada/> - acessado em 16/05/2014

<http://oxdaquestaovestibular.blogspot.com.br/> - acessado em 10/04/2014

<http://harpiacervejaria.blogspot.com.br/2011/06/historia-da-levedura-saccharomyces.html> acessada em 28/05/2014

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: < [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html) >. Acesso em 19 de junho de 2014, às 14h50.



ESCOLA SUPERIOR DE

**CERVEJA E MALTE**

[www.cervejaemalte.com.br](http://www.cervejaemalte.com.br)