



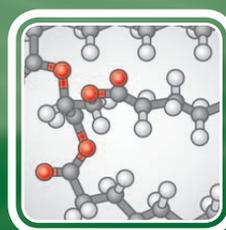
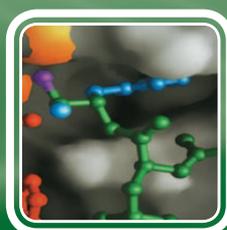
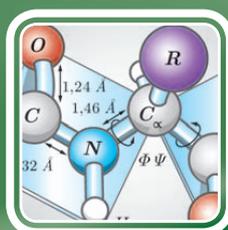
e-Tec Brasil  
Escola Técnica Aberta do Brasil

# Técnico em Alimentos

*Sandro do Nascimento Silva*

*Carlos Roberto Rosa Silva*

Bioquímica



**UFRPE**  
Universidade  
Federal Rural  
de Pernambuco



**UFRN**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Ministério da Educação



**e-Tec Brasil**  
*Escola Técnica Aberta do Brasil*

# Bioquímica

*Sandro do Nascimento Silva*

*Carlos Roberto Rosa Silva*



**UFRPE/CODAI**  
**2010**

Presidência da República Federativa do Brasil

Ministério da Educação

Secretaria de Educação a Distância

© Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas (CODAI), órgão vinculado a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Este Caderno foi elaborado em parceria entre o Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas (CODAI) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) para o Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil – e -Tec Brasil.

**Equipe de Elaboração**

Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas (CODAI) / UFRPE

**Reitor**

Prof. Valmar Correa de Andrade

**Vice-Reitor**

Prof. Reginaldo Barros

**Diretor**

Prof. Luiz Augusto de Carvalho Carmo

**Coordenadora Institucional**

Profa. Argélia Maria Araújo Dias Silva

**Coordenadora do Curso**

Profa. Claudia Mellia

**Professor Pesquisador**

Prof. Paulo Ricardo Santos Dutra

**Professor-Autor**

Sandro Nascimento  
Carlos Roberto Rosa e Silva

**Equipe de Validação**

Secretaria de Educação a Distância / UFRN

**Reitor**

Prof. José Ivonildo do Rêgo

**Vice-Reitora**

Profa. Ângela Maria Paiva Cruz

**Secretária de Educação a Distância**

Profa. Maria Carmem Freire Diógenes Rêgo

**Secretária Adjunta de Educação a Distância**

Profa. Eugênia Maria Dantas

**Coordenador de Produção de Materiais Didáticos**

Prof. Marcos Aurélio Felipe

**Revisão**

Eugênio Tavares Borges  
Janaina Tomaz Capistrano  
Rosilene Alves de Paiva  
Verônica Pinheiro da Silva

**Diagramação**

Elizabeth da Silva Ferreira

**Arte e Ilustração**

Roberto Luiz Batista de Lima

**Revisão Tipográfica**

Nouraide Queiroz

**Projeto Gráfico**

e-Tec/MEC

Ficha catalográfica

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central - UFRPE

**S586b Silva, Sandro do Nascimento**  
**Bioquímica / Sandro do Nascimento Silva, Carlos Roberto Rosa e**  
**Silva. – Recife: EDUFRPE, 2010.**  
**114 p. : il**

**ISBN: 978-85-7946-021-0**

**1. Bioquímica 2. Alimentos 3. Bioquímica dos alimentos 4. Proteínas 5. Enzimas 6. Carboidratos 7. Lipídeos 8. Vitaminas I. Silva, Carlos Roberto Rosa e II. Título**

**CDD 574.192**  
**CDU 577.1**

# Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,

Bem-vindo ao e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional pública de ensino, a Escola Técnica Aberta do Brasil, instituída pelo Decreto nº 6.301, de 12 de dezembro 2007, com o objetivo de democratizar o acesso ao ensino técnico público, na modalidade a distância. O programa é resultado de uma parceria entre o Ministério da Educação, por meio das Secretarias de Educação a Distância (SEED) e de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), as universidades e escolas técnicas estaduais e federais.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

O e-Tec Brasil leva os cursos técnicos a locais distantes das instituições de ensino e para a periferia das grandes cidades, incentivando os jovens a concluir o ensino médio. Os cursos são ofertados pelas instituições públicas de ensino e o atendimento ao estudante é realizado em escolas-polo integrantes das redes públicas municipais e estaduais.

O Ministério da Educação, as instituições públicas de ensino técnico, seus servidores técnicos e professores acreditam que uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação  
Janeiro de 2010

Nosso contato  
[etecbrasil@mec.gov.br](mailto:etecbrasil@mec.gov.br)



# Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



**Atenção:** indica pontos de maior relevância no texto.



**Saiba mais:** oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



**Glossário:** indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



**Mídias integradas:** remete o tema para outras fontes: livros, filmes, músicas, *sites*, programas de TV.



**Atividades de aprendizagem:** apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



# Sumário

<b>Palavra do professor-autor</b> .....	<b>9</b>
<b>Apresentação da disciplina</b> .....	<b>11</b>
<b>Projeto instrucional</b> .....	<b>13</b>
<b>Aula 1 – Aminoácidos</b> .....	<b>15</b>
1.1 introdução a bioquímica .....	15
1.2 Aminoácidos .....	16
1.3 Ligação peptídica .....	24
1.4 Dobramento do polímero .....	25
<b>Aula 2 – Proteínas – Primeira parte</b> .....	<b>29</b>
2.1 Proteínas .....	29
2.2 Estrutura .....	31
<b>Aula 3 – Proteínas – segunda parte</b> .....	<b>41</b>
3.1 Classificação das proteínas .....	41
3.2 Classificação quanto à conformação – Proteína globular e fibrosa .....	42
3.3 Classificação quanto à composição – Simples e conjugadas .....	42
3.4 Ponto isoelétrico (pI) .....	42
3.5 Solubilidade .....	43
3.6 Exemplos de agentes externos que podem influenciar na desnaturação da molécula .....	48
3.7 Métodos de determinação .....	49
<b>Aula 4 – Enzimas</b> .....	<b>57</b>
4.1 Mecanismo de ação enzimático .....	57
4.2 Nomenclatura .....	59
4.3 Centro ativo .....	62
4.4 Especificidade absoluta e relativa .....	63
4.5 Estado de transição .....	63

4.6 Energia de ativação .....	65
4.7 Atividade enzimática X pH e temperatura .....	66
4.8 Inibidores enzimáticos .....	67
4.9 Cofatores enzimáticos .....	68
<b>Aula 5 – Carboidratos .....</b>	<b>71</b>
5.1 Generalidades.....	71
5.2 Monossacarídeos .....	73
5.3 Pentoses .....	76
5.4 Forma cíclica dos monossacarídeos .....	79
5.5 Oligossacarídeos .....	82
5.6 Polissacarídeos .....	83
5.7 Fermentação .....	86
<b>Aula 6 – Lipídeos.....</b>	<b>91</b>
6.1 Lipídios .....	91
6.2 Classificação dos lipídios .....	92
6.3 Lipídios com funções biológicas .....	99
6.4 Óleos e gorduras .....	103
6.5 Sabões e detergentes .....	103
<b>Aula 7 – Vitaminas .....</b>	<b>107</b>
7.1 Vitaminas .....	107
<b>Referências.....</b>	<b>112</b>
<b>Currículo do professor-autor.....</b>	<b>113</b>

## Palavra do professor-autor

A bioquímica nasceu da curiosidade de se conhecer as transformações que aconteciam nos seres vivos, como o crescimento, as doenças, a digestão etc. Nascida da química, ela vem crescendo muito nas últimas décadas devido ao grande avanço das tecnologias científicas e da promoção da biotecnologia nos estudos mais recentes. A quantidade de equipamentos com maior eficiência tem crescido de forma exponencial, além disso, a qualidade em relação há duas décadas é incomparável, isso porque se antes não se podia enxergar uma célula, hoje já é possível especular o formato de uma proteína, graças a cristalografia de raio-X. Graças a esses avanços tem sido mais fácil explorar os mistérios que envolvem os grandes processos biológicos. Hoje, fenômenos como a respiração e a fotossíntese são claramente explicados, o metabolismo humano já está estudado e conhecido, claro que não totalmente devido às infinitas reações que envolvem um organismo vivo, entretanto, o suficiente para se compreender mecanismos antes totalmente desconhecidos ou incógnitos. Além disso, o tratamento de doenças anteriormente letais tem se tornado possível, ou mesmo a melhor compreensão de como elas funcionam para o desenvolvimento de tratamentos adequados, o que é consequência do conhecimento das reações e das moléculas envolvidas nos mecanismos biológicos, é o caso do diabetes, do Parkinson e do Alzheimer.

Esperamos que você possa não apenas aprender os conteúdos de bioquímica, mas também compreender os processos bioquímicos e a importância do seu estudo para os seres humanos. Neste livro, a bioquímica é apresentada de forma resumida sendo uma ciência muito vasta e riquíssima em conhecimento. Você também encontrará um conteúdo de bioquímica voltado para a aprendizagem das principais moléculas biológicas e de sua importância para os seres vivos, bem como a forma como essas moléculas tornaram-se importantes para a indústria de cosméticos, de limpeza e alimentícia. Tenha uma boa leitura e divirta-se!



# Apresentação da disciplina

Vamos agora apresentar a disciplina. Na aula 1, você irá ver que a bioquímica é a parte da Biologia que se interessa pelo estudo dos diversos processos químicos que ocorrem nos sistemas vivos. Para tanto, é necessário estudar as estruturas e funções das biomoléculas responsáveis por todas as reações químicas que ocorrem dentro de um organismo vivo (aminoácidos, proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas e ácidos nucleicos). Nessa aula você verá uma introdução dos estudos à bioquímica e passaremos a compreender melhor o que são os aminoácidos.

Na aula 2, você aprenderá que as proteínas podem ser classificadas como o mais diverso grupo de moléculas orgânicas. Entre os lipídeos, os carboidratos, as vitaminas e os ácidos nucleicos, as proteínas sem dúvida são muito mais diversificadas tanto em estrutura como em função. Nessa aula, você passará a aprender como funciona o mundo das proteínas, estrutura, função e importância para os seres vivos.

A função das proteínas depende de sua estrutura, que por sua vez determina a forma tridimensional dessas proteínas. Todos esses aspectos classificam as proteínas em alguns grupos. Veremos esses conteúdos na aula 3.

Na aula 4, veremos um grupo de proteínas bastante importante na química dos alimentos: as enzimas, que além de realizarem funções biológicas, também são indispensáveis na digestão do alimento.

Na aula 5, você irá estudar que os carboidratos estão presentes praticamente em todos os alimentos, principalmente nas refeições mais importantes do dia: café da manhã, almoço e jantar. Isso porque essas moléculas possuem funções muito importantes no organismo, estando presentes na estrutura dos ácidos nucleicos e servindo como principal produto na respiração celular, cedendo energia às células.

Na aula de número 6, você aprenderá sobre o estudo dos lipídeos, que são moléculas fundamentais na sobrevivência dos seres vivos, além disso devido a suas propriedades eles têm larga utilização nas indústrias, principalmente na de alimentos e na de limpeza.

Na última aula, vocês aprenderão um pouco mais sobre as vitaminas. Estamos acostumados a nos alimentarmos de vitaminas e comprar suplementos alimentares, mas, para que servem? Qual a utilidade dessas moléculas no nosso organismo e o que pode acontecer caso haja falta de alguma delas? As respostas para todas essas perguntas você irá encontrar ao longo dessa aula.

# Projeto instrucional

**Instituição:** Universidade Federal Rural de Pernambuco – CODAI

**Nome do Curso:** Produção Alimentícia

**Professor-autor:** Sandro do Nascimento Silva  
Carlos Roberto Rosa e Silva

**Disciplina:** Bioquímica



# Aula 1 – Aminoácidos

## Objetivos da aula

Definir o que é bioquímica e qual a sua importância para o curso técnico de alimentos.

Saber quais características existem entre todos os 20 aminoácidos protéicos.

Identificar os grupos funcionais dos principais aminoácidos.

Explicar como se classificam os aminoácidos.

Conceituar o que é uma ligação peptídica

## 1.1 introdução a bioquímica

A seguir, você vai compreender a importância de cada biomolécula nas reações químicas, pode-se entender como elas são necessárias à nossa alimentação, uma vez que a falta de uma delas na nossa dieta acarreta dificuldade em uma série de **processos biológicos**. Sabendo que os alimentos são fontes riquíssimas dessas moléculas, por isso as estudaremos na nossa disciplina.

- Aminoácidos e proteínas: caso faltem esses itens na alimentação, ocorrerá deficiência em praticamente todos os processos biológicos, uma vez que as proteínas estão presentes em todos os tecidos e em todos os sistemas. Um exemplo é a anemia, que se caracteriza pela falta ou má formação de moléculas de hemoglobina, uma proteína presente no sangue, responsável por levar oxigênio até as células.
- Carboidratos: nos seres humanos têm função energética, portanto, a falta de carboidratos na alimentação de uma pessoa pode ser motivo de fraqueza. Um caso mais específico é a glucose, um carboidrato muito conhecido, cujo excesso no organismo pode desencadear uma série de reações que vão terminar na autodestruição do próprio

### A-Z

#### Processos biológicos

São todas as reações químicas que ocorrem dentro de um ser vivo visando sua sobrevivência. Hormônios, enzimas e anticorpos também são exemplos de classes de proteínas que têm função primordial no sistema em que atuam.

Na natureza, os carboidratos podem assumir muitas outras funções, como a estrutural. São eles que formam a carapaça de animais como o camarão, os insetos e o caranguejo.

A arteriosclerose é o entupimento dos vasos sanguíneos por gordura depositada dentro dos vasos. Também pode ser um fator do diabetes.

Existem vários tipos de vitaminas e todas têm uma função em particular no organismo, da mesma forma cada vitamina irá desencadear um quadro clínico diferente em caso de falta na alimentação.

organismo, essa doença é chamada de diabetes e tem sido muito estudada na ciência moderna.

- **Lipídeos:** possuem a função de armazenar energia que fica de reserva no organismo. O maior problema dos lipídeos é o caso de excesso na alimentação, o que pode trazer complicações como aterosclerose, enfarte, acidente vascular cerebral, hipertensão. Além dos problemas de saúde decorrentes do acúmulo de gordura no tecido adiposo que podem causar obesidade mórbida.
- **Vitaminas:** são pequenas moléculas auxiliadoras de reações químicas, a falta delas pode implicar o não funcionamento de muitas enzimas, sendo essas as moléculas responsáveis por tornarem possível todas as reações químicas dentro de um ser vivo, a falta de uma vitamina pode significar o não funcionamento de muitas reações químicas, como por exemplo, as que tornam possível a sua respiração ou mesmo as enzimas que digerem o alimento para que ele possa entrar no seu organismo.
- **Ácidos nucleicos:** Essas moléculas são responsáveis por manter intacto o material genético na forma de genes organizados em grandes aglomerados chamados de cromossomos. Os ácidos nucleicos, conhecidos assim por se encontrarem, na maioria das vezes, no núcleo das células, são o DNA (ácido desoxirribonucleico) e o RNA (ácido ribonucleico), o primeiro é encarregado de guardar o material dentro do núcleo da célula, o segundo é encarregado de transmitir essas informações e torná-las funcionais, como na produção de proteínas.

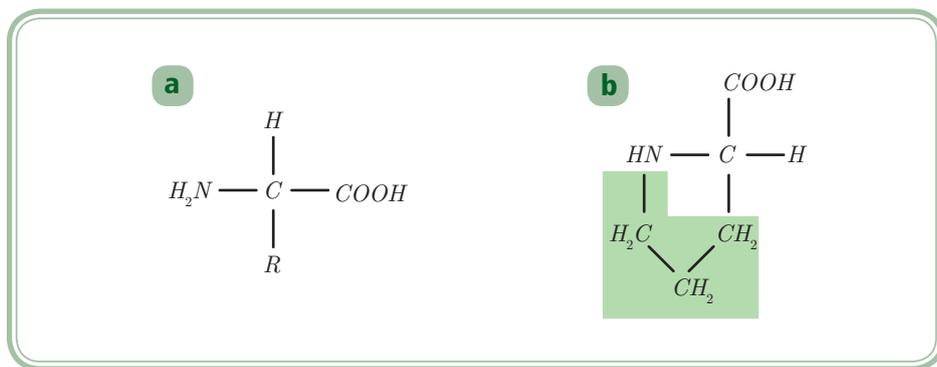
## 1.2 Aminoácidos

Os aminoácidos formam a estrutura das proteínas e são essenciais para o corpo humano. Os aminoácidos são essenciais para a produção de mais de 50 mil proteínas e mais de 15 mil enzimas, incluindo as enzimas digestivas, que devem estar em ótimo funcionamento para que você possa aproveitar ao máximo a sua alimentação e suplementação, no total existem 20 aminoácidos capazes de formar essas estruturas.

### 1.2.1 Grupo funcional – fórmula estrutural

Aminoácidos são moléculas químicas encontradas em sistemas biológicos, em geral possuem uma estrutura comum (Figura 1), contendo um átomo de hidrogênio ( $-H$ ), uma cadeia lateral (grupo  $R$ ), que é variável em cada

aminoácido e dois grupos funcionais, o grupo amina ( $-NH_2$ ) e o grupo carboxila ( $-COOH$ ), a prolina é o único aminoácido que possui o grupo amina ligado ao grupo  $R$  (Figura 1). Todos os grupos, o hidrogênio, o grupo  $R$  e os grupos funcionais se ligam a um átomo de carbono central, chamado de carbono alfa ( $C\alpha$ ).



**Figura 1.1:** a) Fórmula estrutural dos aminoácidos; b) variação na estrutura da molécula do aminoácido prolina.

Em 1990, os cientistas iniciaram um projeto que prometia revolucionar o mundo, o projeto genoma. O objetivo do estudo seria mapear todos os genes e identificar qual seria a função de cada um deles. Embora o estudo fosse feito com muitos animais, a curiosidade maior se prendia na descoberta do genoma humano. Até hoje, o estudo ainda não foi terminado completamente.



O termo código genético é usado para definir todas as informações contidas nos genes, as quais podem ser traduzidas na forma de proteínas.

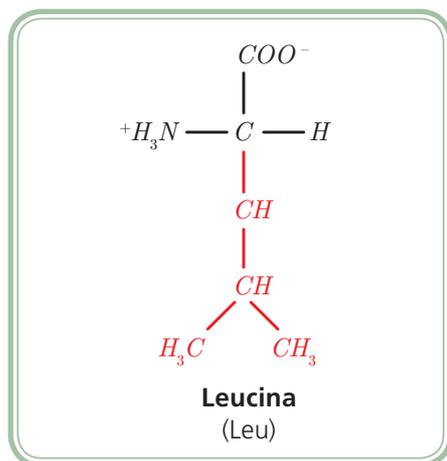
Hoje já existe um interesse de alguns cientistas em codificar todas as proteínas que podem ser transcritas por cada gene, esse projeto é um tipo de extensão do projeto genoma humano e se chama projeto proteoma. Ele é muito mais amplo e provavelmente pode nunca ser concluído devido à grande extensão e complexidade do estudo.

Para saber mais sobre o processo de fabricação de proteínas dentro da célula através do código genético, pesquise **síntese protéica**.

## 1.2.2 Classificação

Quanto à polaridade do grupo *R*, os aminoácidos podem ser classificados em dois grupos: os aminoácidos com cadeia lateral hidrofóbica (**aminoácidos apolares**) e os que possuem cadeia lateral hidrofílica (**aminoácidos polares**).

### 1.2.2.3 Aminoácidos apolares



**Figura 1.2:** Observe que a cadeia lateral do aminoácido leucina não apresenta carga elétrica

Seus grupos *R* não podem se carregar eletricamente, pois são formados por hidrocarbonetos (Figura 1.2). Pertencem a esse grupo: glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina, prolina, metionina, fenilalanina e triptofano. Alguns autores consideram a glicina como parte dos aminoácidos polares sem carga.

### 1.2.2.4 Aminoácidos polares

Esses aminoácidos apresentam carga elétrica líquida (carga residual) em suas cadeias laterais ou mesmo grupos que possuam carga elétrica parcial. Podem ser subdivididos em três grupos, descritos a seguir.

- Aminoácidos básicos: apresentam carga líquida positiva em soluções neutras. São eles: lisina, arginina e histidina (Figura 1.3a).
- Aminoácidos ácidos: apresentam carga líquida negativa em soluções neutras. São eles: ácido aspártico e ácido glutâmico (Figura 1.3b).
- Aminoácidos sem carga: não apresentam carga líquida em soluções neutras. São eles: serina, treonina, tirosina, aparagina, glutamina e cisteína (Figura 1.3c).

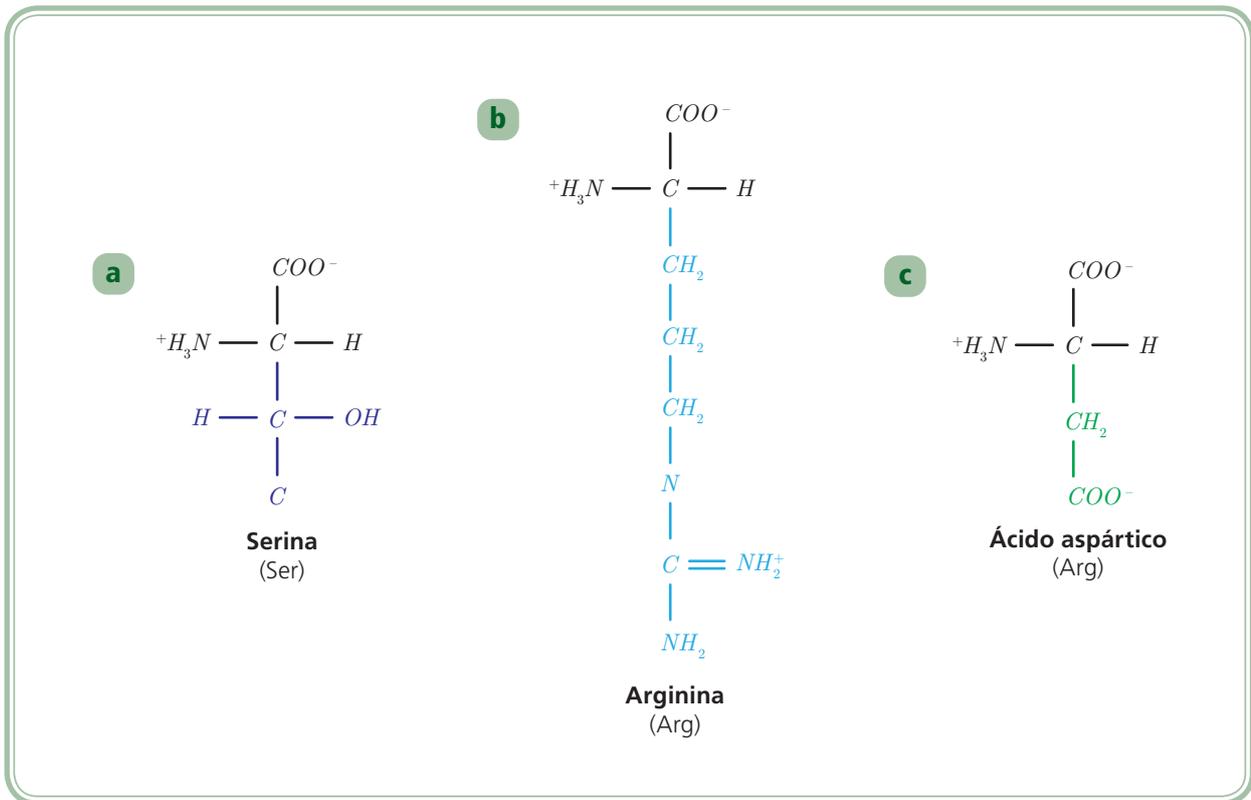
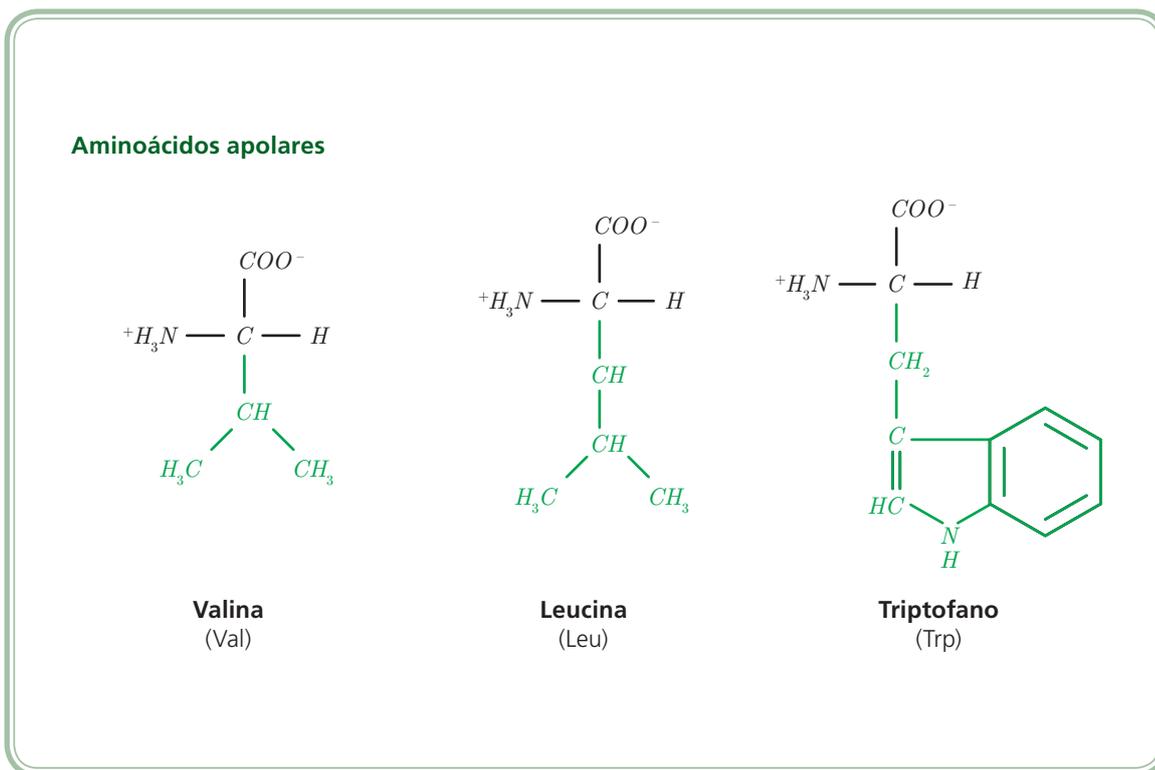
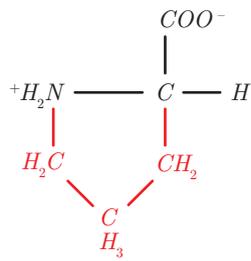
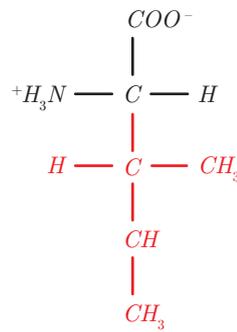


Figura 1.3: Aminoácidos apolares: a) Serina, b) Arginina, c) Ácido aspártico

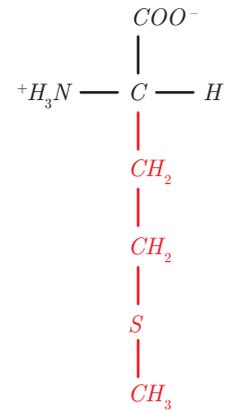




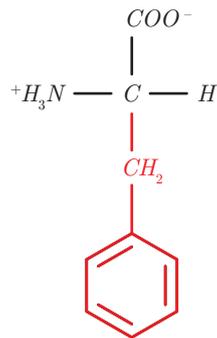
**Prolina**  
(Pro)



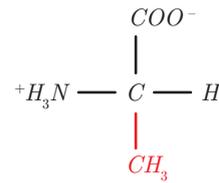
**Isoleucina**  
(Ile)



**Metionina**  
(Met)

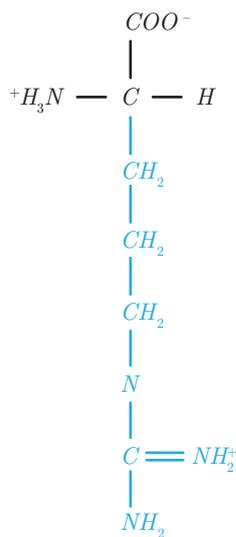


**Finilalanina**  
(Fen)

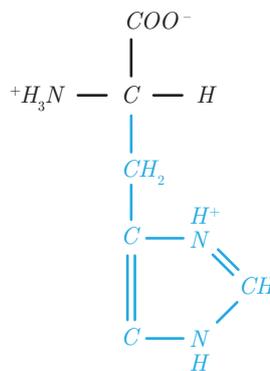


**Alanina**  
(Ala)

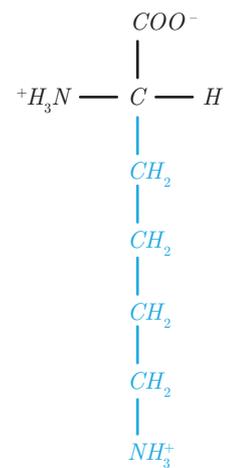
**Aminoácidos básicos**



**Arginina**  
(Arg)

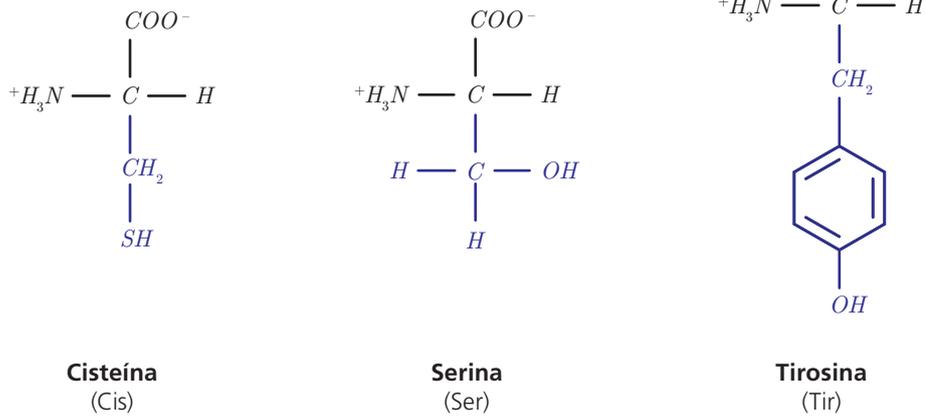
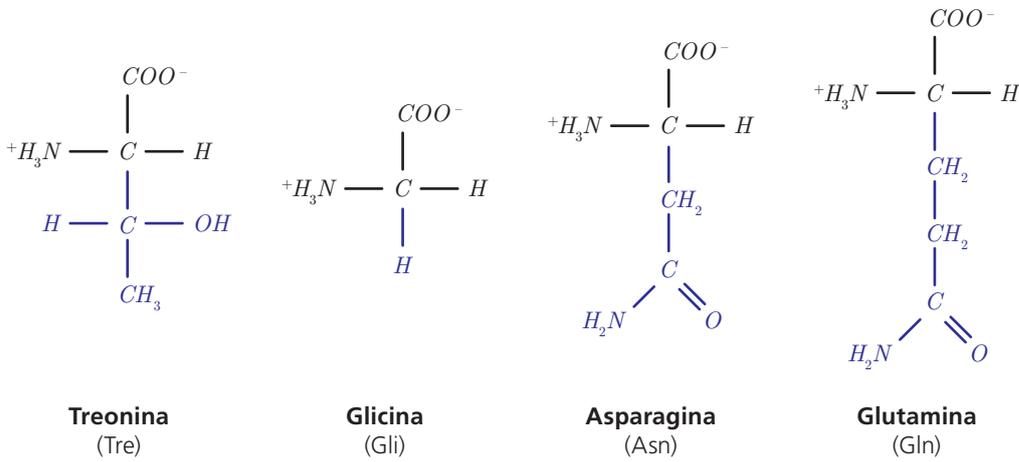


**Histidina**  
(His)



**Lisina**  
(Lis)

### Aminoácidos sem carga



### Aminoácidos ácidos

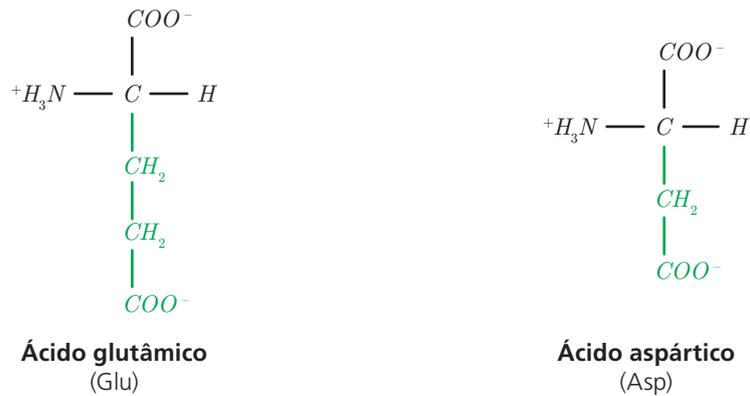


Figura 1.4: Estrutura de aminoácidos



1. Pesquise alimentos de diferentes fontes – animais e vegetais – ricos em aminoácidos.

---

---

---

---

---

2. Faça uma relação dos aminoácidos separando-os de acordo com sua classificação.

---

---

---

---

---

3. Comente um pouco sobre a importância dos aminoácidos para os seres vivos.

---

---

---

---

---

### 1.2.3 Protonação – desprotonação

Os grupos funcionais amina e carboxila dos aminoácidos podem se apresentar de duas formas, protonada ( $-COOH$ ;  $-N^+H_3$ ) ou desprotonada ( $-COO^-$ ;  $-NH_2$ ). A protonação ocorre quando o grupo funcional recebe a ligação de um novo átomo, a desprotonação ocorre quando esse átomo se separa da molécula. A forma em que aminoácido vai se apresentar depende do pH em que o aminoácido estará inserido.

Em soluções muito ácidas, existe uma grande quantidade de átomos de hidrogênio livre além da maior afinidade de algumas moléculas por esse átomo, e por esse motivo ocorre uma protonação dos grupos funcionais do aminoácido, dessa forma os dois grupos estarão protonados nessa faixa de pH (Figura 1.5a). No caso de soluções muito alcalinas, essa afinidade diminui

e a solução terá poucos átomos de hidrogênio livres, por isso ambos estarão desprotonados (Figura 1.5b); em soluções neutras, eles estarão na forma de íons dipolar, ou seja, tanto a amina quanto a carboxila estarão na forma de íons (Figura 1.5c).

### 1.2.3.1 Como fazer para identificar se um grupo funcional está protonado ou desprotonado?

É simples, a forma como eles reagem à mudança de pH é sempre a mesma, de modo que podemos identificar de acordo com a carga elétrica do grupo. O grupo carboxila quando se encontra protonado se apresenta na forma de  $-COOH$ , isso porque ele é um grupo ácido e reage com hidrogênio nessa faixa de pH. Já no caso do grupo amina estando protonado, ele terá uma carga elétrica positiva ( $-NH_3^+$ ), pois trata-se de um grupo de caráter básico. No caso de desprotonação, ocorre o inverso, a carboxila fica com carga uma vez que perde facilmente seu hidrogênio, e a amina fica na forma de  $-NH_2$ , portanto, sem carga elétrica.

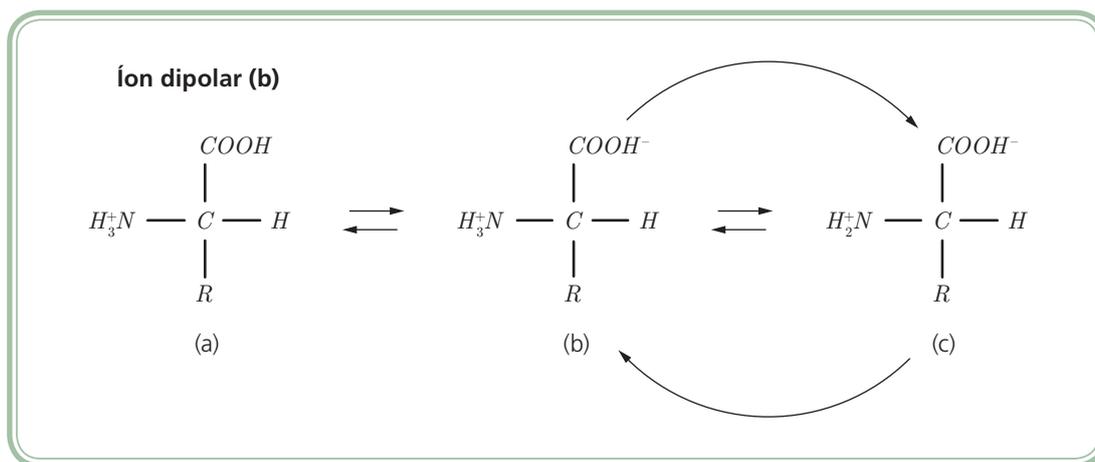


Figura 1.5: Estruturas de um aminoácido

A saída ou entrada de um elétron pode alterar a carga elétrica de uma molécula, alterando também suas propriedades de ligação. No caso de saída de eletro, a molécula encontra-se protonada, a entrada de elétrons deixa a molécula em sua forma desprotonada. A protonação/desprotonação é apenas um estado da molécula, não constituindo sua forma estável.



O carbono é um átomo tetravalente, significa que ele pode formar quatro ligações, a única forma de estabelecer uma ligação é sendo desprotonado, ou seja, recebendo mais um elétron. Da mesma forma, o nitrogênio é um

átomo trivalente, podendo estabelecer três ligações, por isso, para formar o  $NH_3$ , ligado a três hidrogênios e um carbono, ele também precisa estar na forma desprotonada, com um elétron a mais livre.

As ligações químicas são formadas entre átomos que se apresentam próximos. O potencial de ligação de um átomo é determinado pela quantidade de elétrons que estão nas últimas camadas de valência.

Os elétrons são os responsáveis pelas ligações químicas, podendo ser combinados por força elétrica ou por compartilhamento de elétrons de ambos os átomos envolvidos na reação.

As formas de ligação mais fortes e estáveis são estabelecidas quando existe o compartilhamento dos elétrons, é o caso das ligações peptídicas.

Algumas vezes, as ligações químicas são tão resistentes que impedem que as moléculas possam se dobrar em torno de si mesmas. Em caso de moléculas muito grandes como as proteínas, o dobramento se torna necessário, uma vez que uma molécula do tamanho da proteína apresentaria grande dificuldade tanto no transporte quanto no armazenamento dentro das células.

Peptídeo é o nome dado a um polímero formado por aminoácidos através de ligações peptídicas.

### 1.3 Ligação peptídica

Os aminoácidos têm a propriedade de estabelecerem ligações entre si, podendo formar extensos polímeros. Essa propriedade ocorre devido à possibilidade de ligação entre um grupo carboxila de um aminoácido com um grupo amina de outro. O que ocorre é uma ligação  $C-N$  através de reação por desidratação, uma vez que acontece com a perda de uma molécula de água. Essa ligação recebe o nome de ligação peptídica e pode acontecer com vários aminoácidos, formando sequências lineares como uma longa fita composta de aminoácidos enfileirados (Figura 1.6).

A ligação peptídica não permite ramificações da cadeia sendo, dessa forma, que esse polímero se estabelece de forma linear. Ela é uma ligação covalente muito forte com propriedades de dupla ligação, o que confere uma grande estabilidade à molécula.

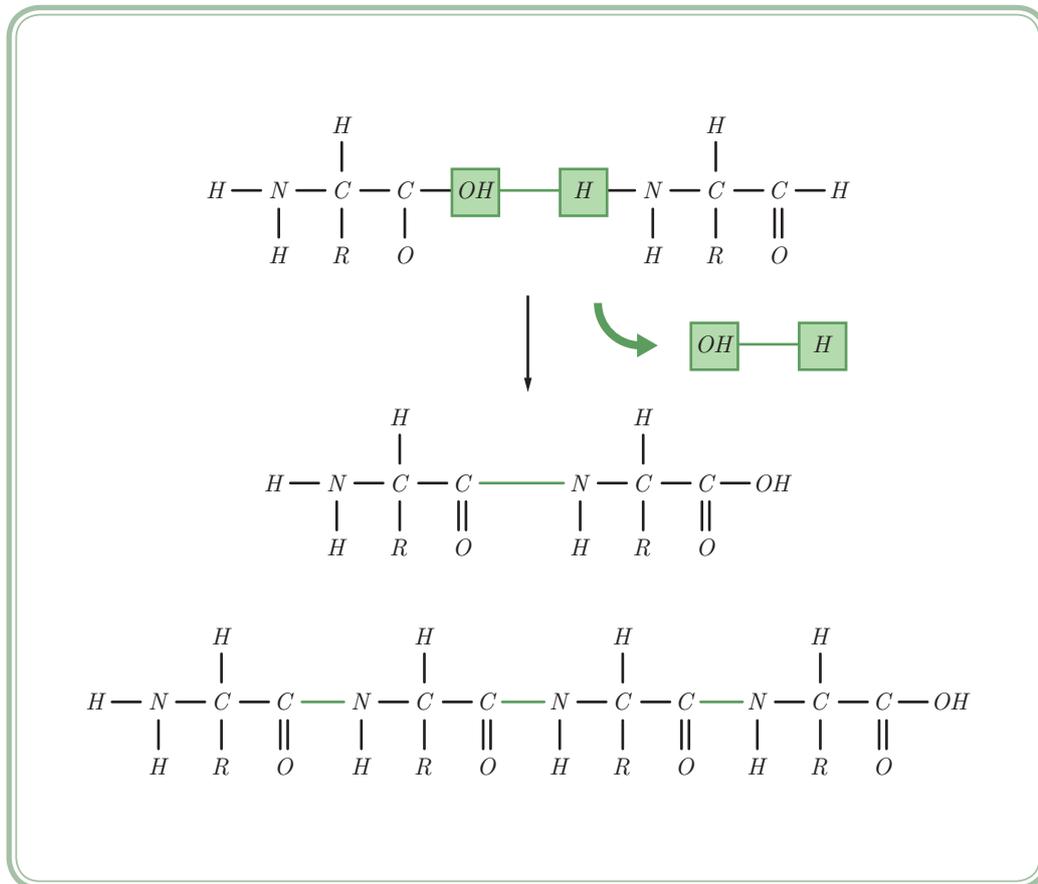
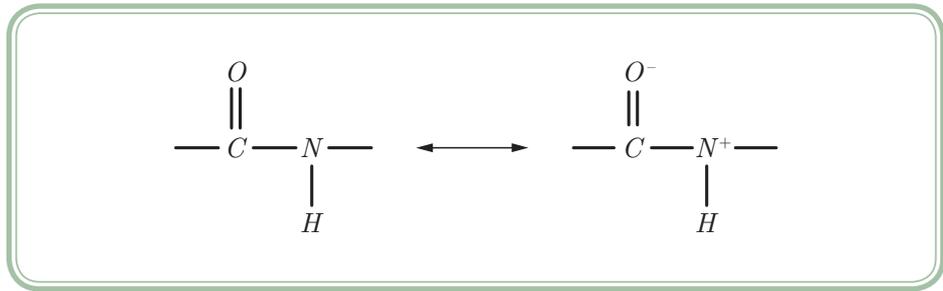


Figura 1.6: Cadeia de aminoácidos formados por ligações peptídicas

## 1.4 Dobramento do polímero

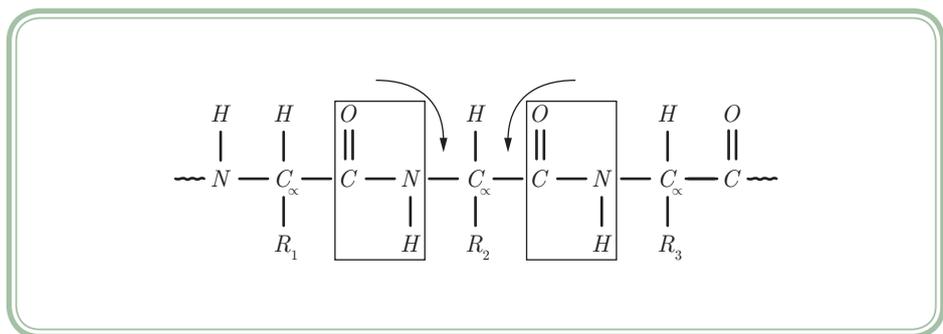
A dupla ligação possui algumas propriedades que impedem o dobramento do polímero de aminoácidos formado. Ela apresenta uma forma de ressonância entre a ligação simples  $C - N$  e a ligação dupla  $C = O$ , que dá à ligação peptídica um caráter de dupla ligação parcial, isso impossibilita o dobramento dessa ligação, dessa forma o peptídeo será plano (Figura 1.7).



**Figura 1.7: Estrutura plana do peptídeo devido à rígida ligação peptídica**

Entretanto, nas ligações entre os grupamentos peptídicos e o carbono alfa, existe uma certa liberdade de rotação, o que pode facilitar o dobramento dessa molécula.

Dessa forma, não havendo a possibilidade de rotação nas ligações peptídicas, essa rotação torna-se possível no polímero em função das ligações estabelecidas entre o carbono alfa. Lembrando que nesse momento o carbono alfa faz ligação com quatro radicais, mas os que estão em estudos são apenas os que fazem parte da ligação peptídica, ou seja, a ligação  $C\alpha - N$  e  $C\alpha - C$ , que pertencem a unidades peptídicas vizinhas. Portanto, o polímero poderá ser observado numa cadeia linear (como uma fita – sem ramificações) constituída por unidades planares unidas entre si por uma articulação que se apresenta de forma flexível em volta do carbono alfa ( $C\alpha$ ) de cada monômero de aminoácido (Figura 1.8).



**Figura 1.8: O carbono  $\alpha$  possui uma rotatividade formando uma estrutura flexível nos peptídeos**



Monômero é a menor estrutura capaz de formar um polímero. Do mesmo modo, polímeros são moléculas muito extensas formadas por moléculas menores, que chamamos de monômeros. No caso das proteínas, elas são grandes polímeros formados por aminoácidos.

1. Escolha 5 aminoácidos e desenhe sua estrutura protonada e desprotonada.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Faça o esquema da ligação peptídica entre o aminoácido valina e alanina.

---

---

---

---

3. Com suas palavras, defina carbono  $\alpha$ .

---

---

---

---

## Resumo

Nesta aula, você aprendeu a definição de bioquímica e pôde ter uma breve noção das moléculas que compõem os seres vivos. Você estudou também o que são os aminoácidos e qual a sua importância nos seres, que será fundamental para a próxima aula, uma vez que os aminoácidos são as unidades formadoras das proteínas.

## Atividades de aprendizagem

1. Defina com suas palavras o que é bioquímica e qual a importância de se estudá-la num curso técnico de alimentos.

2. Quais características existem entre todos os 20 aminoácidos proteicos?
3. Desenhe um aminoácido e destaque quais são os grupos funcionais que o compõem.
4. Liste e explique como se classificam os aminoácidos.
5. Quais são os aminoácidos que possuem cadeia lateral:
  - a) polar:
  - b) apolar:
6. Explique por que a ligação covalente é tão resistente.
7. A ligação peptídica ocorre por uma reação de desidratação, explique como ocorre essa reação.

# Aula 2 – Proteínas – Primeira parte

## Objetivos da aula

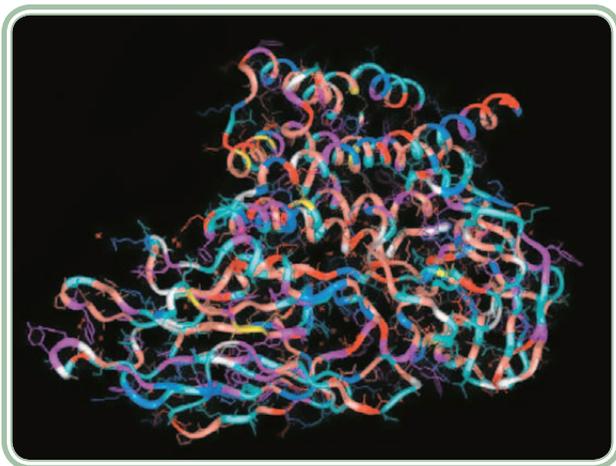
Identificar a importância dos aminoácidos e sua sequência para o funcionamento de uma proteína.

Definir estruturalmente o que é uma proteína, bem como listar suas funções no organismo.

Classificar e definir as estruturas que as proteínas se apresentam.

Destacar a importância das pontes de hidrogênio e demais ligações e interações intermoleculares que acontecem na organização estrutural de uma proteína.

## 2.1 Proteínas



Quando um peptídeo torna-se muito grande (cerca de 100 monômeros de aminoácidos ou mais), nós o classificamos como uma proteína. Essas moléculas têm importantes funções nos sistemas vivos e por isso a necessidade de estar presente na nossa dieta. Entretanto, todos esses aminoácidos tornam a proteína uma molécula muito grande, o que poderia ser inconveniente em

se tratando de uma estrutura linear (sem ramificações). Porém, algumas propriedades químicas permitem as proteínas formarem aglomerados, num tipo de enovelamento da molécula. Para compreender melhor essas propriedades, podemos definir as proteínas de acordo com quatro níveis de estrutura.



Muitas proteínas podem possuir mais de 1000 aminoácidos em sua cadeia.

Embora a proteína seja uma molécula muito grande, apenas uma pequena parte dela é responsável por atuar no organismo. Por isso, torna-se importante o enovelamento da molécula, pois isso permite que os aminoácidos responsáveis por sua função, que estão muito distantes, fiquem próximos.

A sequência primária é tão importante para a função da proteína quanto a ordem das letras é importante para as palavras.

Veja o exemplo.

A M O R

Alterando a ordem das letras podemos ter várias palavras:

ROMA, MOAR, MORA etc.

Algumas com significado, outras, não, entretanto, nenhuma com significado igual à anterior.

Da mesma forma, as proteínas não podem ter a ordem de seus aminoácidos alterados. Não existe nenhuma regra para formação da estrutura secundária, acontece que existe uma predisposição de alguns aminoácidos em formar alfa-hélices e outros que se estabelecem melhor em folhas pregueadas, no entanto, a organização dessa estrutura é aleatória.

De uma forma mais fácil, podemos dizer que a estrutura tridimensional de uma alfa-hélice se assemelha a um canudo com um centro oco, esse canudo é formado a partir do enrolamento da cadeia em torno de si mesma.

As folhas pregueadas têm uma estrutura semelhante a uma folha de papel dobrada várias vezes. Observe aquelas portas colocadas no banheiro, portas sanfonadas, as folhas pregueadas são muito semelhantes.

Outras estruturas encontradas com menos frequência são as voltas, formadas para dar o dobramento à molécula, são muito comuns entre uma alfa-hélice e outra, ou mesmo entre uma alfa-hélice e uma folha pregueada.

A maior parte das ligações feitas entre os aminoácidos é tão fraca que são chamadas de interações, não havendo, portanto, o compartilhamento de elétrons entre os átomos relacionados.

As proteínas são estruturas rígidas e bem estáveis, como isso é possível se ela é formada por muitas interações bastante fracas?

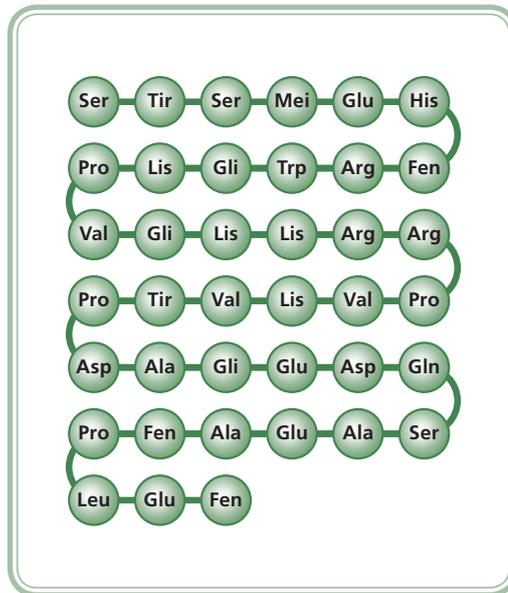
Há um ditado que diz que a união faz força, é com base nesse ditado que as proteínas trabalham, na verdade suas interações muito fracas juntas formam uma estrutura resistente, que, embora possa ser quebrada por variações leves no meio, é uma molécula estável que não sofre alteração, a menos que o meio sofra modificações.

## 2.2 Estrutura

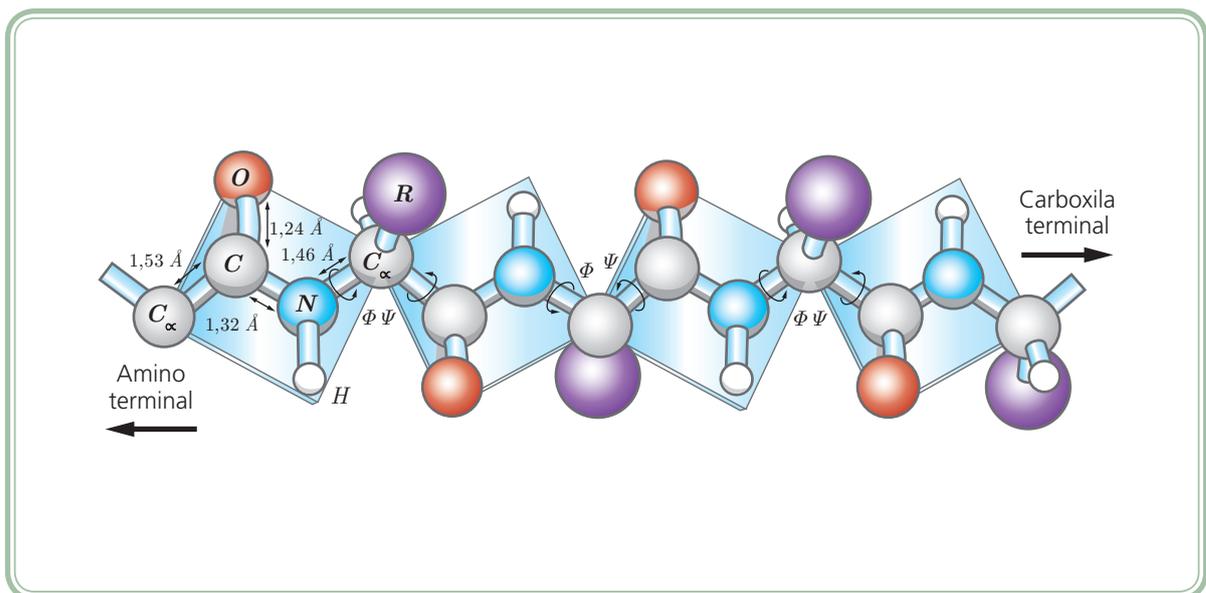
Como já vimos, existe uma forma de rotação da ligação entre os carbonos alfa dos aminoácidos, além disso, os grupos radicais de cada aminoácido também possuem propriedades especiais. Essas propriedades possibilitam ligações entre aminoácidos da mesma cadeia que estejam distantes, observou-se que essas ligações seguem um padrão dentro da estrutura química de cada aminoácido, por isso, cada proteína possui uma estrutura espacial definida.

### 2.2.1 Estrutura primária

Essa estrutura é definida de acordo com a ordem das ligações peptídicas, se tratando da sequência dos aminoácidos na molécula (Figura 2.1). A sequência com que os aminoácidos estão presentes na molécula é fundamental para o funcionamento da proteína, de modo que uma mesma proteína que possua inúmeros aminoácidos em sua cadeia, se tiver apenas um aminoácido substituindo sua função, estará anulada. Por convenção, para poder descrever a estrutura primária de uma proteína, o primeiro aminoácido do polímero será o que tiver o radical amina livre (amino terminal), por consequência, o último aminoácido será o que possui a carboxila livre (carboxila terminal). Como a sequência primária não possui ramificações, só haverá um N – terminal e um C – terminal (Figura 2.2).



**Figura 2.1:** A sequência primária refere-se à ordem com que os aminoácidos se organizam no polipeptídeo.



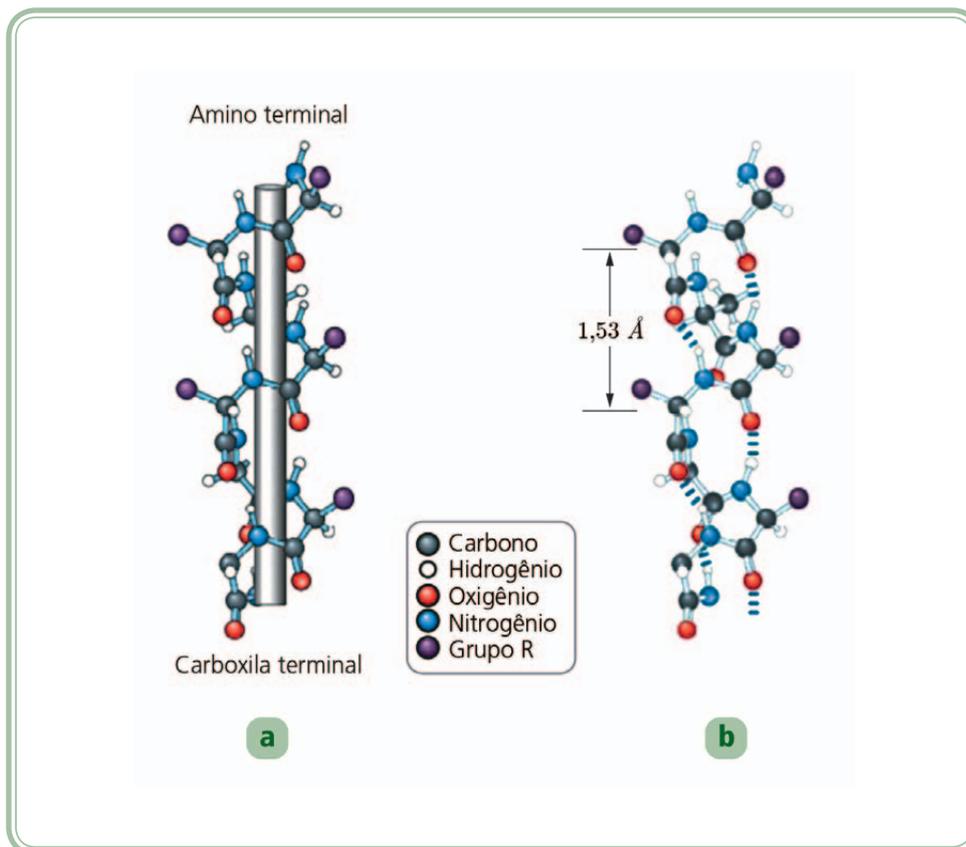
**Figura 2.2:** Sequência de aminoácidos desde o amino terminal até a carboxila terminal

### 2.2.2 Estrutura secundária

Essa estrutura é definida pela ligação de um aminoácido ao outro por meio de ligações muito fracas chamadas pontes de hidrogênio. Os aminoácidos envolvidos nessa interação estão distantes um do outro na sequência de aminoácidos da molécula. Dessa forma, a molécula começa a se enrolar tomando uma forma tridimensional.

Analisando as diversas proteínas, identificou-se que na verdade algumas dessas interações ocorrem de forma muito frequente e por isso são estudadas em particular. Nesse caso, dizemos que a estrutura secundária se subdivide em dois tipos muito comuns, descritos a seguir.

- Alfa-hélices: os aminoácidos interagem com aminoácidos da mesma cadeia que estão quatro monômeros em sua frente (Figura 2.3a), criando um eixo em volta de si mesma (Figura 2.3b e 2.4).
- Folhas pregueadas: nesse caso, a interação ocorre com aminoácidos de cadeias diferentes. Dessa forma, várias cadeias de aminoácidos ligam-se por pontes de hidrogênio de forma paralela (Figura 2.4).



**Figura 2.3: Estrutura da alfa-hélice a nível estrutural. As ligações são feitas entre o carbono de um aminoácido e o nitrogênio do quarto aminoácido a sua frente (a). Ela se estabiliza se enrolando em torno de si mesma formando um eixo, o que chamamos de forma helicoidal (b)**

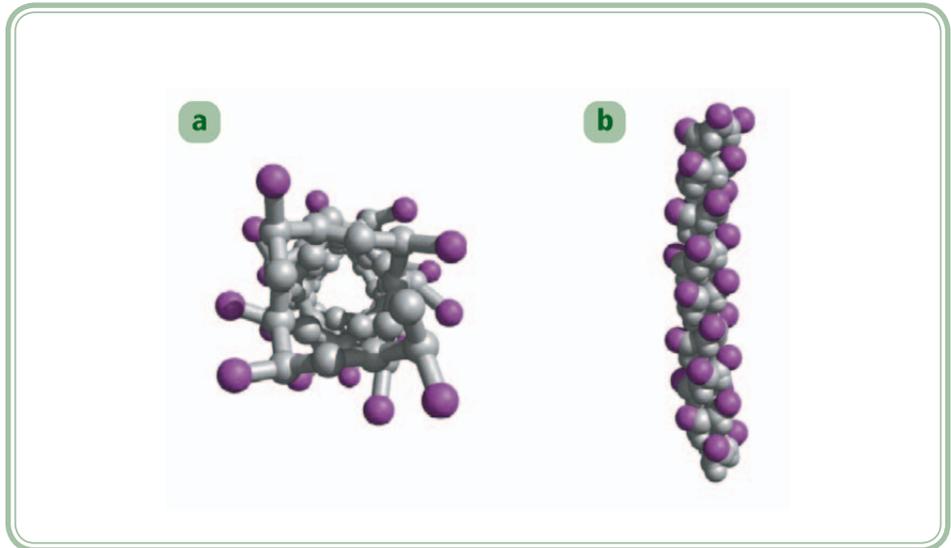


Figura 2.4: Modelo tridimensional de uma alfa-hélice vista de cima (a) e vista de lado (b)

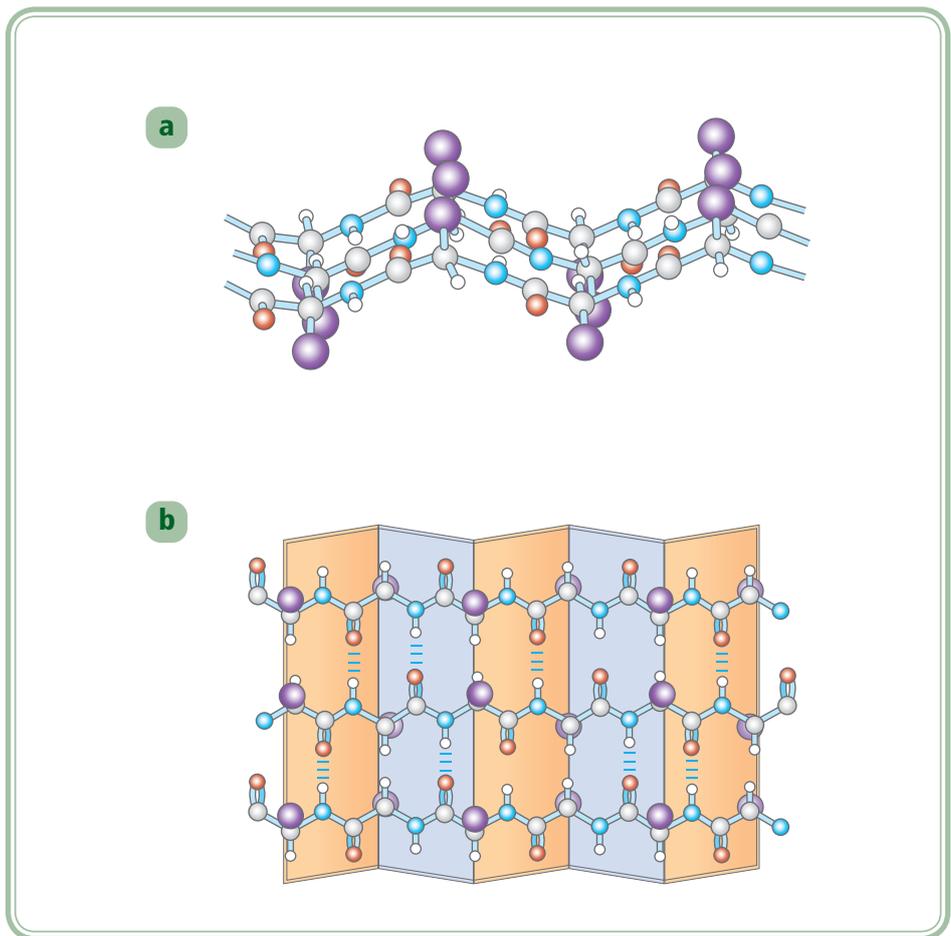


Figura 2.5: Modelo estrutural da folha pregueada. Observe que na figura estão envolvidas três cadeias de aminoácidos (a), comparação do nome com a aparência de uma folha(b)

A quebra das ligações entre as subunidades elimina a função da proteína, só tornando-se funcional novamente caso as ligações sejam restabelecidas.



O enovelamento da molécula tem sua importância na função da proteína porque, apesar de ser uma molécula muito grande, apenas uma pequena parte da proteína participa da sua atividade, portanto, os aminoácidos que são responsáveis pela função da molécula, que normalmente estão muito distantes na estrutura primária, após o enovelamento, tornam-se muito próximos, podendo desempenhar suas atividades. Em caso de quebra de qualquer uma dessas ligações, um dos aminoácidos pode se afastar dos demais, dessa forma a proteína perde sua atividade.

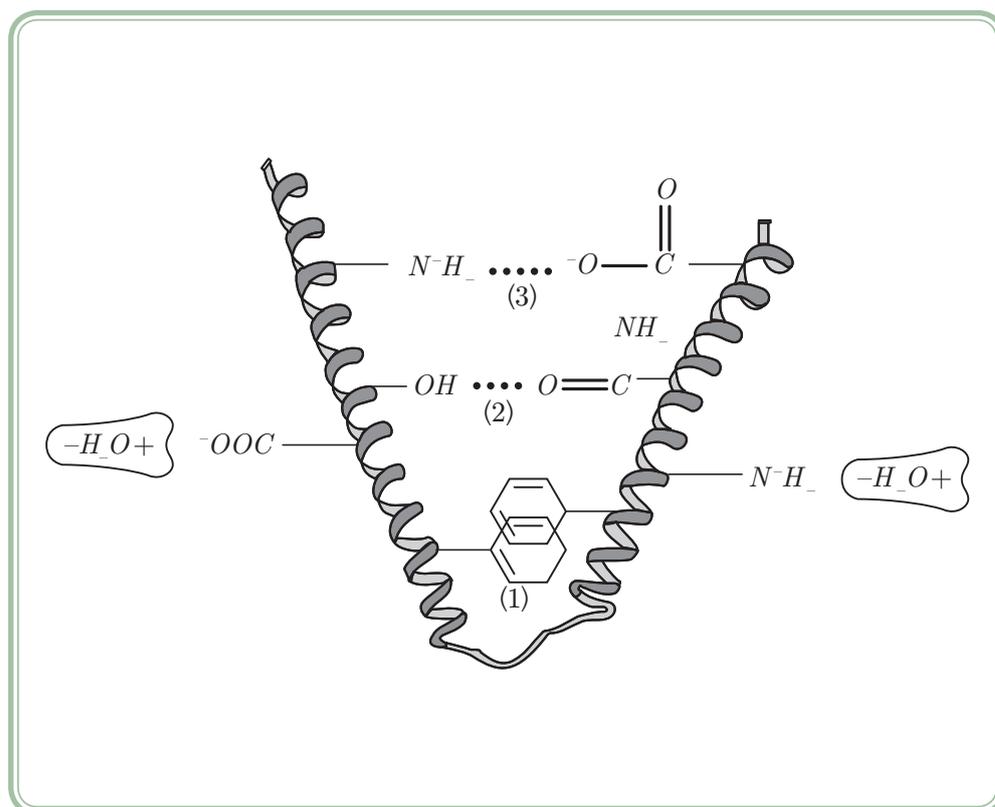
As pontes dissulfeto são tão importantes que o processo de desnaturação só se agrava quando essas ligações são quebradas, até então a desnaturação não foi tão eficiente. Ou seja, mesmo que muitas pontes de hidrogênio se quebrem, apenas depois da quebra das pontes de hidrogênio é que se torna muito difícil a renaturação da molécula.

### 2.2.3 Estrutura terciária

Nessa estrutura, teremos a definição final da forma tridimensional da proteína, ou seja, essa estrutura é o último dobramento da molécula. Nesse caso, as interações vão ocorrer com os grupos R dos aminoácidos. As interações para estabilizar a estrutura terciária podem ser de diferentes tipos, descritos a seguir.

- Pontes de hidrogênio: essa é a principal interação que ocorre nas proteínas. Nesse caso, elas são estabelecidas entre os grupos R dos aminoácidos polares (serina, treonina, tirosina, asparagina etc.), de modo que os aminoácidos com radicais contendo grupamento –  $OH$  se ligam a aminoácidos com grupamentos carbonila para se ligar ao seu –  $O$ . As pontes de hidrogênio não são ligações químicas, mas interações entre os átomos de oxigênio e o radical hidroxila ( $OH$ ), que possuem grande afinidade, por isso, é muito fraca, entretanto, confere uma boa resistência à estrutura da proteína por que ocorrem em grande quantidade na molécula (Figura 6).
- Ligações eletrostáticas ou iônicas: também é uma interação muito fraca e não ocorre nenhum tipo de reação química, apenas uma interação entre átomos de cargas opostas, como, por exemplo, os radicais dos aminoácidos ácidos e básicos.

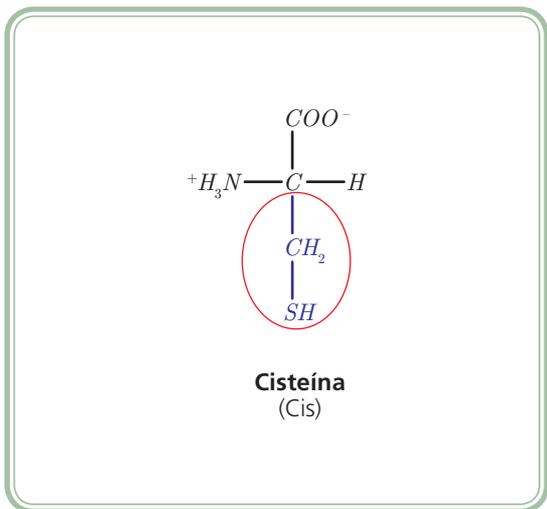
- Interações hidrofóbicas: essa é uma interação um pouco mais forte que as demais, ela ocorre entre os radicais dos aminoácidos que possuem cadeias laterais hidrofóbicas, os aminoácidos apolares. Essa interação é importante, pois esses aminoácidos por apresentarem aversão à água se estabilizam com interações dentro da molécula, não permitindo assim que a molécula de proteína seja infiltrada pela água, uma vez que isso poderia causar danos à molécula.



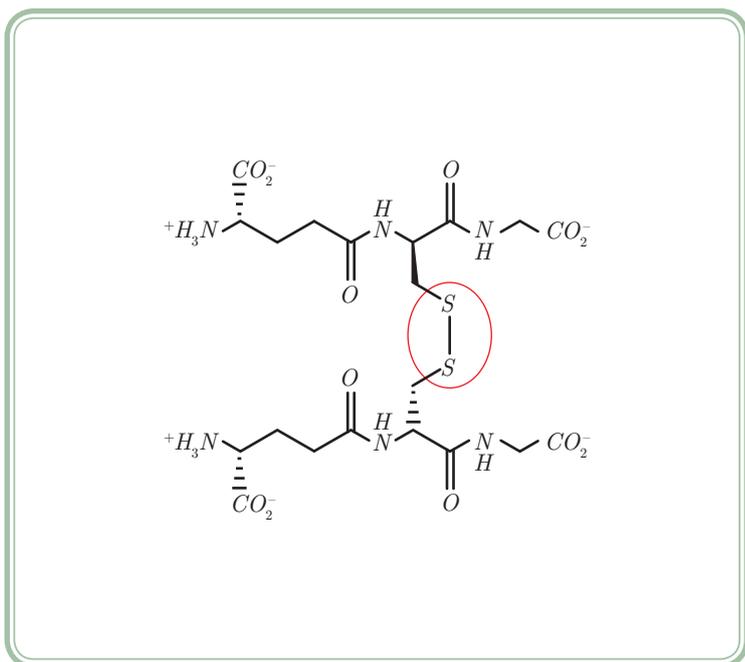
**Figura 2.6: Formação das pontes de hidrogênio em uma proteína**

Um aminoácido específico também pode colaborar muito para a estabilidade da estrutura terciária. A cisteína (Figura 2.7) é um aminoácido que possui em seu radical um átomo de enxofre livre, os átomos de enxofre possuem grande afinidade entre si estabilizando ligações covalentes muito fortes chamadas de pontes dissulfeto (Figura 2.8). Essa ligação é tão forte quanto a própria ligação peptídica formada entre os aminoácidos. Dessa forma, os grupos radicais do aminoácido cisteína se ligam fortemente formando ligações muito estáveis que dão resistência à estrutura terciária da molécula proteica.

A estrutura terciária, portanto, define uma cadeia polipeptídica, ela é o nível máximo de organização estrutural que uma cadeia pode conseguir.



**Figura 2.7: Estrutura do aminoácido cisteína**



**Figura 2.8: A estabilização da estrutura tridimensional é por grande parte dada pela ponte dissulfeto, única ligação covalente formada entre os radicais dos aminoácidos**

Por possuir quatro radicais diferentes, o carbono alfa é chamado de carbono quiral, por possibilitar que a molécula apresenta mais de uma forma estrutural ativa. Todos os aminoácidos, com exceção da glicina, podem ser encontrados em duas formas estruturais idênticas, as quais chamamos de isômeros, no caso dos aminoácidos a forma "L" e a forma "D", entretanto, apenas os L-aminoácidos são capazes de constituir proteínas.

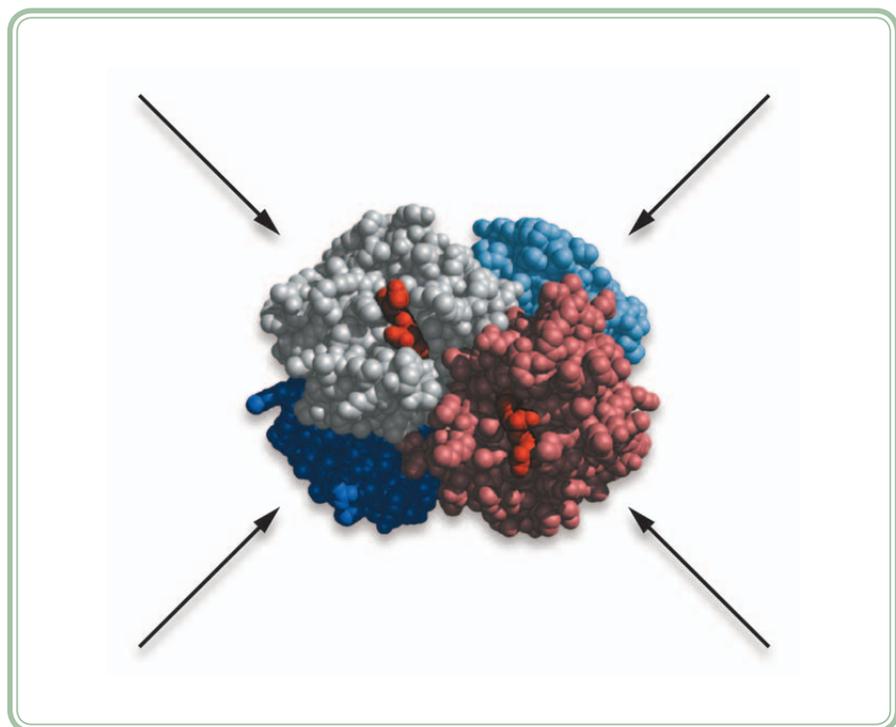


Chamamos de hidrofílicos ou polares todas as moléculas que possuem a propriedade de se ligarem por afinidade à molécula da água. Do mesmo modo, os hidrofóbicos ou apolares são as moléculas que possuem aversão à água, ou seja, não se ligam com a molécula de água.

Os termos ácido e base referem-se a uma escala que mede a concentração de íons de hidrogênio presentes no meio. Essa escala se chama pH (potencial de hidrogênio) e vai de 0 a 14, sendo de 0 a 6 um pH ácido, de 8 a 14 um pH básico e na escala 7 um pH neutro.

### 2.2.4 Estrutura quaternária

A grande maioria das proteínas é formada por duas ou mais cadeias peptídicas, que tem sua estrutura estabilizada por ligações não covalentes entre as cadeias. Nesse caso, cada cadeia que forma a proteína chamamos de subunidade, logo, se uma proteína é formada por quatro cadeias, então, dizemos que ela possui quatro subunidades (Figura 2.9). A associação de mais de uma subunidade para formar uma proteína funcional chamamos de estrutura quaternária.



**Figura 2.9:** Exemplo da hemoglobina, proteína responsável por carregar oxigênio no sangue. Observe que a proteína possui quatro partes distintas (apontados pelas setas), cada uma dessas partes é uma cadeia polipeptídica, caso uma delas se desligue da estrutura, a proteína perde sua função.

1. De acordo com o estudo feito sobre as proteínas, faça em seu caderno um resumo de como se organiza a estrutura tridimensional de uma proteína.
2. Faça uma pesquisa sobre os tipos de ligações químicas que existem. Em seguida, defina as principais características das pontes de hidrogênio.



### Parágrafo conclusivo

Compreender as funções, estrutura e importância das proteínas é de fundamental importância não só para o estudo dos alimentos mas também dos seres vivos, uma vez que as proteínas tem importância fundamental no funcionamento de um sistema vivo.



## Resumo

Nesta aula, vimos que as proteínas podem possuir infinitas combinações entre seus aminoácidos, sendo por isso um grupo de moléculas orgânicas muito importantes no funcionamento dos sistemas vivos, como enzimas, hormônios, na defesa do corpo, sinalizadores etc. No entanto, sua função depende da sua classificação, assunto que estudaremos na próxima aula.

## Atividades de aprendizagem

1. Com suas palavras, defina conformação nativa de uma proteína.
2. Relacione as colunas.

- |                        |  |
|------------------------|--|
| 1. Aminoácidos         | ( ) Aglomerado de um pequeno grupo de aminoácidos unidos por ligações peptídicas.                      |
| 2. Ligações peptídicas | ( ) Ligações muito frequentes nas proteínas responsáveis por estabilizar sua estrutura tridimensional. |
| 3. Peptídeos           | ( ) Moléculas orgânicas capazes de formar proteínas.   |

4. Proteínas ( ) Ligações muito fortes e estáveis que ligam aminoácidos.
5. Pontes de hidrogênio ( ) Grandes moléculas biológicas com funções diversas no organismo, sendo formadas por uma sequência linear de aminoácidos.
- 3.** A sequência de aminoácidos tem alguma importância na função da proteína? Justifique.
- 4.** Defina estruturalmente o que é uma proteína, listando suas funções no organismo.
- 5.** Classifique e defina as estruturas em que as proteínas se apresentam.
- 6.** Destaque a importância das pontes de hidrogênio e demais ligações e interações intermoleculares que acontecem na organização estrutural de uma proteína.

# Aula 3 – Proteínas – segunda parte

## Objetivos da aula

Classificar as proteínas quanto a sua conformação.

Classificar as proteínas quanto a sua composição.

Determinar quais os fatores que podem influenciar na solubilidade das proteínas.

Explicar os métodos para determinação de proteínas mais utilizados.

## 3.1 Classificação das proteínas

As proteínas são as moléculas orgânicas mais importantes de um ser vivo, toda essa importância ocorre por causa da grande capacidade de variação que uma proteína pode ser formada, devido ao grande número de aminoácidos existentes.

As proteínas podem ser classificadas quanto à conformação (fibras e globulares) e composição (simples e conjugadas).

Tomando por base o cálculo de que existem 20 aminoácidos capazes de formar uma proteína, e que uma proteína pode chegar a ter 1000 aminoácidos, fazendo uma análise combinatória desses dados obtemos um resultado alarmante, a combinação desses aminoácidos poderia formar um total de  $20 \cdot 10^{1000}$  proteínas diferentes, esse número é maior que qualquer grandeza que possamos medir, quantidade de estrelas, gotas no oceano etc. A grande quantidade de proteínas existentes possibilita também uma grande quantidade de funções.

A maioria das proteínas possui alguma outra molécula conjugada. Exemplos bem conhecidos são a hemoglobina, a mucina, a caseína, as proteínas da membrana celular e as proteínas constituintes do DNA.



## 3.2 Classificação quanto à conformação – Proteína globular e fibrosa

A diferença entre elas não é apenas na sua estrutura, mas também na sua função.

- Proteínas fibrosas: são formadas apenas por uma cadeia polipeptídica, não apresentam estrutura quaternária, e possuem função estrutural e de resistência, como, por exemplo, a queratina do cabelo e o colágeno do tecido conjuntivo, actina, miosina etc.
- Proteínas globulares: representam a maioria das enzimas, elas se caracterizam pela junção de duas ou, geralmente, mais cadeias polipeptídicas. São proteínas de grande peso molecular e de funções variadas, com estrutura compacta e mais ou menos esférica. É o caso da hemoglobina do sangue, responsável por carregar o oxigênio até os órgãos, globulina, prolamina etc.

A forma das proteínas diz muita sobre a sua função, entretanto, os aminoácidos que compõem uma proteína também são responsáveis por definir seu campo de atuação.

## 3.3 Classificação quanto à composição – Simples e conjugadas

As simples são formadas por aminoácidos e as conjugadas por aminoácidos mais grupos prostéticos (parte não proteica da proteína). Por exemplo: fosfoproteínas, lipoproteínas, glicoproteínas. Os grupos prostéticos mais encontrados são os carboidratos (nesse caso, será uma glicoproteína) e os lipídeos (denominado de lipoproteínas).

## 3.4 Ponto isoelétrico (pI)

Vimos na aula anterior que os aminoácidos podem ficar carregados positiva ou negativamente, essa propriedade pode influenciar muito na propriedade de uma proteína. Como uma proteína é formada por uma quantidade muito grande de aminoácidos e cada um pode estar carregado de forma diferente, o valor da carga dos aminoácidos de uma proteína depende do valor do pH ao qual ele está submetido, entretanto, existe um valor de pH de acordo com o qual a carga total dos aminoácidos da proteína estará equilibrada.

Quando uma proteína está com todas as suas cargas elétricas em equilíbrio, dizemos que a carga total líquida da proteína é zero, ou seja, a proteína está neutra. O valor de pH em que a carga total da proteína é neutra é chamado de ponto isoelétrico (pI).

Portanto, o pI é o valor de pH em que os radicais ácidos desprotonados e os radicais básicos protonados da proteína estão em mesmo número. Sempre que o valor do pH diminuir, ocorrerá um aumento na quantidade de cargas positivas devido à protonação de grupamentos básicos, assim, a proteína ficará positiva. Da mesma forma, quando o valor do pH aumenta, ocorre uma protonação de grupamentos ácidos e a proteína ficará com carga elétrica total negativa. Lembrando que grupos ácidos desprotonados apresentam carga negativa, enquanto os grupos básicos, quando estão desprotonados, apresentam carga positiva.

Dessa forma, quando a proteína está em um pH menor que seu pI, ela terá sempre carga líquida positiva; quanto menor o valor do pH, mais positiva a proteína ficará, do mesmo modo que se o valor do pH estiver acima do pI a proteína estará negativa e tanto maior quanto maior for o pH acima do pI.

Quando você for pesquisar sobre ponto isoelétrico, provavelmente vai ouvir falar de íons zwitteron. Esses íons podem também ser chamados de íons dipolar, termo empregado a moléculas que se apresentam duplamente carregadas. Nesse caso, o radical carboxila perdeu um hidrogênio enquanto o amino ganhou um. Como as cargas opostas se anulam no valor total energético da molécula, podemos dizer que quando forma um íon dipolar, a carga líquida do aminoácido é zero



Nas soluções, um aminoácido pode se apresentar na sua forma aniônica, em soluções alcalinas, catiônicas, em soluções ácidas e na forma dipolar, geralmente perto de pH 7 a depender do radical do aminoácido.

### 3.5 Solubilidade

A solubilidade de uma proteína é fundamental para sua função, algumas proteínas precisam estar dissolvidas na solução para serem funcionais e caso algum fator altere a solução essa proteína pode perder parte ou totalmente sua solubilidade. Alguns fatores podem aumentar ou diminuir a solubilidade das proteínas nas soluções, isso pode ser utilizado em pesquisas ou na

indústria em caso de separação e purificação de proteínas, pois uma proteína insolúvel torna-se um precipitado na solução, ficando mais fácil ser separada.



Alterar a solubilidade de uma proteína é procedimento muito usado na indústria, visando a separação de uma proteína em particular, geralmente uma proteína de alto valor comercial. Um bom exemplo é a penicilina, peptídeo muito utilizado na medicina. Muitas proteínas utilizadas na indústria alimentícia também passam pelo mesmo procedimento, a intenção é produzir proteínas em grande escala a partir de uma fonte mais barata que aquela em que ela é encontrada na natureza.

Lembre que a proteína em meio aquoso forma uma camada de água ao seu redor, o mesmo procedimento é feito pelo sal, por isso, em grandes concentrações o sal e a proteína terão que competir pelas moléculas de água, como o sal possui uma força iônica maior, a proteína perderá sua camada aquosa chamada de camada de solvatação e por isso se tornará corpo de fundo da solução, a qual chamamos de precipitado.

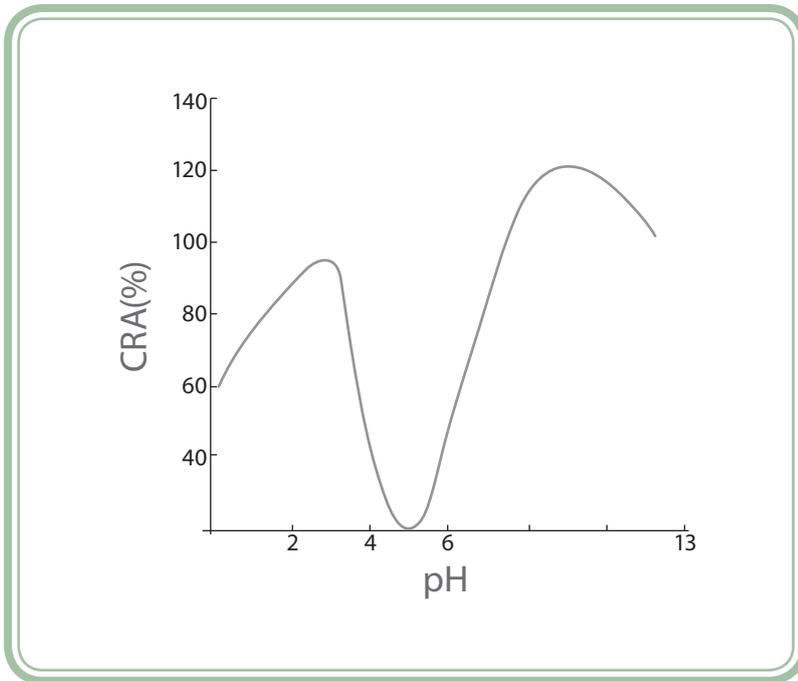
Embora tenhamos em nosso uso diário o material de limpeza conhecido como detergente, nesse caso tratamos de detergente não apenas aquele que você já conhece, mas, qualquer agente químico que seja capaz de atuar nas pontes dissulfeto, desestabilizando essas ligações e quebrando as moléculas.

### **3.5.1 Alguns dos fatores que podem influenciar na solubilidade das proteínas**

#### **3.5.1.1 Ponto isoelétrico**

A importância do ponto isoelétrico e da carga total líquida da proteína está diretamente relacionada com sua solubilidade. Como no  $pI$ , os radicais dos aminoácidos da proteína estão carregados, não podendo interagir com moléculas de água, o que torna a proteína pouco solúvel no seu  $pI$ .

Em qualquer outro valor de  $pH$  que não seja o seu  $pI$ , as moléculas proteicas possuem a mesma carga elétrica e por isso repelem-se, esse fato colabora para a solubilidade da molécula (Figura 3.1).



**Figura 3.1: Relação entre o pH de um peptídeo e sua solubilidade**

### **3.5.1.2 Concentração de íons de sal**

Outro fator que pode influenciar na solubilidade das proteínas é a concentração de íons de sal na solução. Os íons podem interagir com os radicais dos aminoácidos da molécula proteica, os íons também tendem a se ligar à água presente na solução e a concentração dos íons de sal nessa solução pode aumentar ou diminuir a solubilidade das proteínas.

Quando a concentração dos íons está entre 0,5 mol/L e 1,0 mol/L, pode aumentar a solubilidade das proteínas, efeito chamado de salting in (Figura 3.2).

Com concentrações de sal superior a 1,0 mol/L, a solubilidade da proteína diminui. Quanto maior a concentração do sal, mais a proteína torna-se insolúvel, podendo chegar ao seu grau máximo quando ela se torna um precipitado na solução (Figura 3.2).



**Figura 3.2:** A concentração de sal na solução pode aumentar ou mesmo diminuir drasticamente a solubilidade da proteína

### 3.5.1.3 Solventes orgânicos

Outra forma de diminuir a solubilidade das proteínas em uma solução é adicionando um solvente orgânico que se dissolve facilmente em água, como o etanol. Isso ocorre porque as moléculas do solvente orgânico estarão competindo pelas moléculas de água com as moléculas de proteína. Nesse caso, as proteínas também podem precipitar na solução.



A maioria das cobras possui venenos capazes de desnaturar proteínas do sangue ou atuar sobre elas de alguma forma, uma reação muito comum no quadro do envenenamento é a aglutinação de plaquetas. O resultado é a necrose ou apodrecimento total do tecido atingido.

Muitos venenos também atuam no sistema nervoso lesando esse sistema de forma irreversível.

No Brasil, 90% dos casos de envenenamento com cobras ocorrem através da espécie jararaca. Em Pernambuco, o local mais indicado para o tratamento é o hospital da restauração.

Você já observou que ao estar com febre você pode vomitar a comida intacta mesmo após horas que a ingeriu? Já se perguntou por que isso acontece?

A questão é que as enzimas do nosso sistema digestivo são proteínas muito sensíveis à alteração de temperatura, como na febre nosso corpo aumenta cerca de 2 °C, ou mais, essas enzimas perdem sua atividade, não podendo funcionar normalmente. Por esse motivo, ocorrem a ânsia de vômito constante e a falta de apetite característica do quadro febril. Como o alimento não pode ficar muito tempo armazenado no estômago, senão ele apodrece causando complicações ainda maiores, o nosso corpo possui um sistema próprio de eliminação desse alimento, evitando assim problemas desnecessários.

#### **3.5.1.4 Desnaturação**

A proteína, da forma como é encontrada na natureza, é chamada de proteína nativa, é nessa conformação que ela desenvolve todas as suas funções. Quando uma proteína perde parte dessa conformação a ponto de perder sua atividade funcional, dizemos que ocorreu a desnaturação da molécula proteica. Como grande parte da estrutura da proteína é formada por ligações fracas, existem muitos fatores que podem afetar a sua estrutura ocasionando a desnaturação. As ligações afetadas na desnaturação são as pontes dissulfeto e as pontes de hidrogênio formadas na estrutura terciária da molécula. Em um nível de desnaturação mais severo, pode-se também perder a estrutura secundária, e, em último caso, a estrutura primária, ou seja, quebra das ligações peptídicas.

Em casos profundos de desnaturação, dificilmente as proteínas voltarão a sua conformação anterior, isso porque existe uma grande probabilidade de associações com aminoácidos variados, não existe nenhuma força específica que determine as ligações anteriores, elas ocorrem ao acaso na formação da molécula ainda dentro da célula. Portanto, uma proteína, uma vez desnaturada, mesmo que seja renaturada, dificilmente terá sua função recuperada.

Caso a proteína tenha sofrido uma desnaturação leve, como a quebra apenas das pontes de hidrogênio da estrutura terciária, ela poderá recuperar sua estrutura inicial aos poucos, recuperando assim sua função.



Lembre que as proteínas são formadas por ligações muito fracas e que, embora seja uma molécula muito estável, não é difícil quebrar suas ligações, principalmente as pontes de hidrogênio.

Em um nível leve de desnaturação, apenas as pontes de hidrogênio são quebradas, em um nível mais profundo, as pontes dissulfeto também são quebradas e, em caso extremo, as ligações peptídicas são quebradas, desestruturando completamente a proteína.

Mesmo em caso leve de desnaturação, a chance da proteína renaturada retomar sua atividade é remota, porque nada determina a posição das ligações anteriores que eram fundamentais para tal função.

## **3.6 Exemplos de agentes externos que podem influenciar na desnaturação da molécula**

### **3.6.1 Temperatura**

Alterações elevadas na temperatura podem desfazer pontes de hidrogênio na molécula proteica. A temperatura capaz de desfazer as pontes pode variar em cada proteína, entretanto, a maioria das moléculas proteicas podem ser desnaturadas em temperaturas acima de 50 °C, algumas proteínas podem manter sua estrutura a 70°C, proteínas que ainda apresentam atividade funcional em temperaturas acima de 70 °C são raríssimas, isso porque nenhum organismo vivo pode chegar a essa temperatura corporal.

#### **3.6.1.2 pH**

Mudanças no pH também podem influenciar na alteração molecular e consequente desnaturação das proteínas. Proteínas que atuam em meio ácido, por possuírem na sua maioria aminoácidos ácidos, se forem levados a uma faixa de pH alcalina podem ser desnaturadas devido às alterações na protonação desses aminoácidos. Quanto mais elevado a alteração do Ph, mais severo será o grau de desnaturação que uma proteína pode desenvolver.

Geralmente, para se desnaturar uma proteína, usa-se ou uma base ou um ácido muito forte, que será responsável por desfazer as interações moleculares estabelecidas na estrutura tridimensional da molécula proteica.

### 3.6.1.3 Forças iônicas

Como as proteínas são formadas por aminoácidos que na sua maioria contêm carga elétrica, a presença de uma solução que apresente grande força iônica, ou a presença de grande quantidade de íons, pode influenciar não só na carga dos aminoácidos formadores dessas moléculas, mas também nas ligações estabelecidas nos níveis estruturais da proteína, pois a maior parte das ligações que estabilizam a molécula proteica são pontes de hidrogênio. Como essas ligações são caracterizadas por interações entre cargas opostas de dois tipos de grupamento ( $-OH$  e  $-COOH$ ), a alteração na carga da molécula pode alterar as ligações nela estabelecidas.

### 3.6.1.4 Detergente

Os detergentes são agentes químicos especializados em quebrar pontes dissulfeto, dessa forma, ao entrarem em contato com as proteínas, se ligam a essas moléculas quebrando as ligações mais importantes que determinam a estrutura terciária da molécula. Os detergentes são bastante utilizados em estudos científicos com as proteínas, quando se precisa estudar a estrutura da molécula e fazer um estudo detalhado da composição da molécula, muitas vezes as pontes dissulfeto precisam ser quebradas. É o exemplo da eletroforese, um experimento químico que analisa o grau de pureza na purificação de uma proteína em laboratório, bem como analisa seu peso molecular e sua estrutura, como, por exemplo, a presença de subunidades e fatores alostéricos que se encontram presentes na molécula.

Pesquise os processos mais importantes que levam a purificação de proteínas, principalmente os mais sofisticados. Um livro que mostra muito bem o assunto é livro do Stryer. Depois faça um resumo sobre o tema em seu caderno.

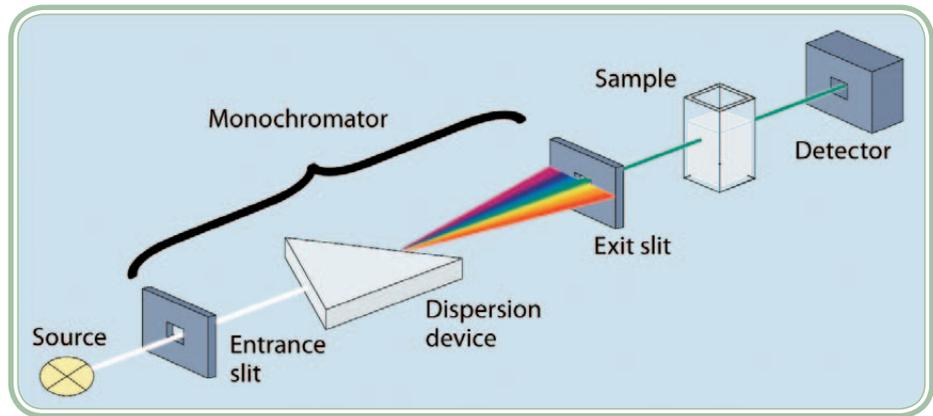


## 3.7 Métodos de determinação

É impossível pesquisar proteína de um lugar onde ela não existe. Da mesma forma, não é viável desenvolver um pesquisa em um material com pouca proteína. Para isso existem os métodos de determinação, que visam identificar a existência de proteínas de uma solução bem como a quantidade dessas moléculas.

### 3.7.1 Espectrofotometria

Uma técnica muito utilizada para determinação da concentração de proteína em uma amostra é a espectrofotometria, essa técnica se baseia na absorção da energia emitida por um espectro de luz eletromagnético por parte da amostra que está sendo analisada.



**Figura 3.3: Exemplo de espectrofotometria**

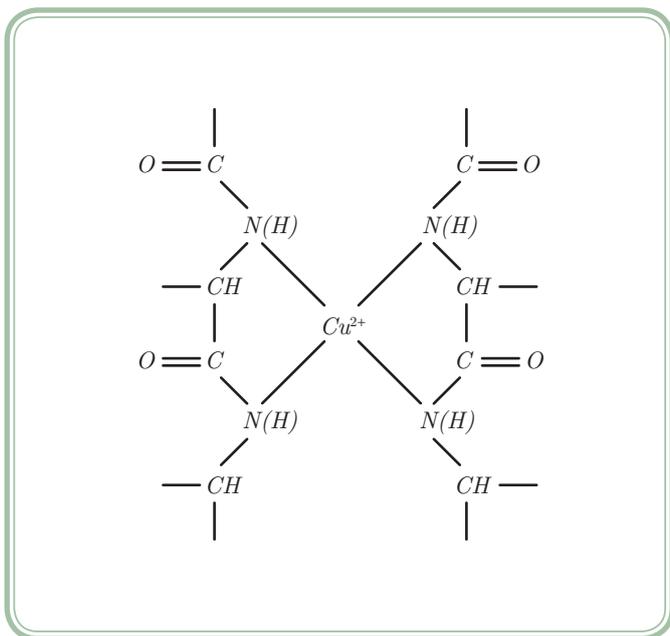
Na Figura 3.3, um feixe de luz é emitido passando por um prisma que refrata a luz. Um feixe de luz específico, escolhido previamente, passa pela amostra que está dentro de um cubo de plástico ou quartzo, por fim um detector irá calcular quanto da luz emitida atravessou a amostra, fazendo a contagem da absorvância dessa amostra.

Portanto, existem alguns métodos que determinam a concentração das proteínas utilizando a espectrofotometria. Claro que existem outros métodos, entretanto, os mais utilizados são os que chamamos de colorimétricos, já que como as proteínas não absorvem luz visível elas são coradas com reagentes específicos em soluções alcalinas que facilitam a reação desses reagentes com as proteínas.

Os métodos colorimétricos mais usados em laboratório são o de Lowry e o do Biureto.

### **3.7.2 Método do biureto**

Nesse método, o principal composto é o reagente do biureto. A base da reação é a ligação do cobre ( $Cu^{2+}$ ) às ligações peptídicas das proteínas (Figura 3.4), é por causa dessa ligação que ocorrerá a coloração azulada na reação.



**Figura 3.4: O cobre se liga a quatro moléculas de nitrogênio que estão nas ligações peptídicas**

O método do biureto é preferido por muitos pesquisadores porque é um método eficaz e simples em relação ao método de Lowry, que, apesar de ser bem mais específico, toma muito tempo e possui muitos interferentes



O cobre pode ser encontrado de duas formas iônicas diferentes, o íon cuproso ( $Cu^+$ ) e o íon cúprico ( $Cu^{2+}$ ).

### 3.7.3 Reagente do biureto

A reação requer 500,0 ml de água destilada para dissolver 1,5 g de sulfato de cobre pentahidratado e 6 g de tártaro duplo de sódio e potássio. Em seguida, adiciona-se 300,0 ml de solução de hidróxido de sódio a 10%. Essas medidas são preparadas para um volume final de 1 litro, portanto, precisa-se completar para um litro o que falta com água destilada.

Os reagentes químicos possuem um prazo indeterminado de utilização, mas deve-se ficar atento para alterações na solução, como o aparecimento de precipitados brancos ou avermelhados, nesse caso, o reagente deverá ser descartado e deverá ser refeito um novo.

### 3.7.3.1 Procedimento

Em um tubo de ensaio, coloca-se 1,0 ml de água e 4,0 ml do reagente do biureto, permanecendo em repouso por 30 minutos. Esse tempo é necessário para a ligação do cobre ao nitrogênio, sendo evidenciado pelo aparecimento da coloração azulada.

A leitura do espectro deve também ser feita com um ensaio em branco contendo apenas 1,0 ml de água destilada dentro do tubo de ensaio.

Em seguida, faz-se a leitura da transmitância das soluções no feixe de luz de 550 nm.

### 3.7.4 Método de Lowry

Esse é o método mais utilizado para a determinação de proteínas. O principal reagente é o Folin, que reage com as proteínas, formando uma solução colorida através das ligações com o cobre. O cobre é o agente catalisador que fará o mesmo tipo de ligação visto na reação do biureto.

Sua preferência é dada pelo fato de ser o método que apresenta a maior sensibilidade, podemos dosar concentrações mínimas de proteína em uma solução. Entretanto, esse procedimento tem algumas desvantagens, por exemplo, o número de reagentes é muito grande, o que dificulta a manipulação do experimento, além de demandar muito tempo para obter os resultados. Além disso, a reação apresenta muitos interferentes, ou seja, caso uma solução apresente um composto interferente, pode acontecer de ter um resultado falso-negativo, atrapalhando o prosseguimento dos estudos.



O método de Lowry pode identificar até 5 microgramas de proteína por ml de solução, entretanto, apesar de ser muito sensível à presença de proteínas, a reação é muito demorada, levando cerca de 2 horas até obtenção do resultado. Além disso, existem muitas moléculas que podem interferir nos resultados. Mesmo assim, o método de Lowry ainda é o mais utilizado nos laboratórios de pesquisa.

#### 3.7.4.1 Procedimento

Em um tubo, será colocada a amostra em estudo, e serão adicionadas duas soluções alcalinas contendo o íon cobre, após dez minutos será adicionado o reagente de Folin, que identificará as ligações feitas entre o cobre e as ligações peptídicas, a presença dessas ligações tornará a solução azulada. Será feita a leitura no espectrofotômetro e calculado a quantidade de proteína na solução de acordo com a curva padrão feita previamente.

Também será feito um ensaio em branco, colocando água com o reagente Folin. O ensaio em branco é comum em qualquer experimento científico, uma vez que ele demonstra como seria o resultado negativo.

O espectrofotômetro é muito útil para detectar a concentração exata de uma determinada molécula na solução, pois dependendo do comprimento de onda ele pode definir a absorção de luz mesmo em uma solução transparente onde o olho nu não pode identificar a presença de nenhuma molécula dissolvida. Por isso, os métodos mais utilizados de determinação de proteína são os que envolvem o espectrofotômetro.



### **3.7.5 Método de Kjeldahl**

É o método mais utilizado na determinação de proteínas, uma vez que é muito simples e não requer equipamentos caros e sofisticados como os espectrofotômetros.

O método foi o proposto por Kjeldahl, na Dinamarca, em 1883, no qual se determina o N orgânico total, ou seja, N proteico e não proteico orgânico. Porém, na maioria dos alimentos, o N não proteico representa muito pouco no total.

A razão entre o nitrogênio medido e a proteína estimada depende do tipo de amostra e de outros fatores. Por exemplo, no trigo essa razão é afetada pela variedade, condições de crescimento e quantidade e tipo de fertilizante utilizado.

Para converter o nitrogênio medido para proteína, devemos multiplicar o conteúdo de nitrogênio por um fator arbitrário, que representa um fator médio para o material em estudo, que é 5,7 para trigo e 6,25 para alimentos em geral.

O procedimento do método está dividido em três etapas distintas, a saber:

- digestão: os componentes da amostra serão transformados em gás carbônico e água por ação do ácido sulfúrico. O nitrogênio de origem orgânica é convertido em sulfato de amônio, em presença de catalisadores usados para acelerar o processo;

- destilação: o sulfato de amônio em meio alcalino na presença de calor libera o amônio capitado pela solução de ácido bórico formando borato de amônio;
- titulação: o borato de amônio reage por equivalência com o HCl.



O método de Kjeldahl não determina a presença de proteínas, observe que os dois métodos listados, o do Biureto e o de Lowry, identificam ligações peptídicas encontradas apenas em proteínas com possíveis exceções raríssimas, entretanto, Kjeldahl determina a presença de nitrogênio orgânico, podendo apresentar falhas. Esse método também não é tão sensível quanto Biureto e Lowry, por esses motivos, ele não está listado entre os mais utilizados.



1. Faça um pequeno resumo em seu caderno listando as principais diferenças entre os métodos mostrados anteriormente.
2. Pesquise outros métodos de determinação menos utilizados.

Os métodos de quantificação de proteínas são importantes em pesquisas e no estudo da composição dos alimentos, por isso a existência de variados métodos que atendem a diferentes necessidades. Uma solução que apresenta baixa concentração de proteína necessita de um método com maior sensibilidade, ou mesmo no caso de proteínas que contenham aminoácidos que não podem ser determinados por um método em particular. Portanto, tanto o estudo das proteínas quanto dos métodos para determinação delas são fundamentais para os estudos das mesmas.

## Resumo

As proteínas podem ser classificadas quanto à conformação e quanto à composição. Existem alguns fatores que influenciam na solubilidade das proteínas alterando suas funções. Métodos de determinação de proteínas têm sido fundamental para o estudo e compreensão das proteínas.

## Atividades de aprendizagem

1. Qual a principal diferença nas funções das proteínas fibrosas e das globulares?
2. Defina com suas palavras o que é ponto isoelétrico.
3. De que forma a solubilidade de uma proteína pode ser alterada, e em que isso pode ser importante para a separação das proteínas?
4. Pesquise pelo menos cinco proteínas conjugadas, dizendo qual sua função, sua estrutura e como os grupos prostéticos são importantes no seu funcionamento.
5. Uma proteína foi submetida a um tratamento com uma solução em pH 13,0 a uma temperatura de 150°C. O que aconteceu com a estrutura dessa proteína e sua função?
6. Por que, após desnaturada, uma proteína raramente voltará a sua função normal?
7. Pesquise três agentes químicos orgânicos capazes de desnaturar proteína.
8. Liste as principais diferenças entre o método de Lowry e o Biureto.
9. Liste as principais semelhanças entre o método de Lowry e o do Biureto.

**10.** Marque verdadeiro ou falso para as afirmações a seguir.

- ( ) As proteínas são moléculas estáveis porque possuem ligações muito fortes na sua molécula.
- ( ) Não existe nenhum composto orgânico capaz de desnaturar proteína.
- ( ) Salt in é o processo em que a solubilidade das proteínas é aumentada devido à presença de sais na solução proteica.
- ( ) De forma nenhuma um método de determinação pode ser alterado para que não perca sua sensibilidade.
- ( ) Proteínas conjugadas são proteínas permanentemente ligadas a uma outra molécula.
- ( ) O método de Kjeldahl determina presença de nitrogênio orgânico em uma solução.
- ( ) Tanto Lowry quanto Biureto determinam presença de ligações peptídicas.

# Aula 4 – Enzimas

## Objetivos da aula

Definir o conceito de enzimas bem como sua importância para os seres vivos.

Explicar o mecanismo de ação enzimático.

Explicar como funciona o sistema de nomenclatura das enzimas.

Conceituar centro ativo, estado de transição e energia de ativação.

Diferenciar especificidade relativa e absoluta.

Listar os fatores que afetam o mecanismo de ação enzimático.

Classificar os tipos de inibidores enzimáticos.

## 4.1 Mecanismo de ação enzimático

Entre tantas funções, algumas proteínas têm as mesmas propriedades e funções muito parecidas, por isso, são enquadradas em classes. Por exemplo, os hormônios, em sua maioria, são proteínas com função de desencadear uma resposta no organismo; os anticorpos são proteínas com função de defesa do organismo. Da mesma forma, as enzimas são uma classe de proteínas cuja principal função é a catálise de reações químicas, ou seja, elas são responsáveis por acelerarem uma reação química tornando essa reação possível.

Elas possibilitam que diversas reações que não ocorreriam ao acaso aconteçam em apenas alguns segundos, ou mesmo em fração deles.

No organismo, as reações químicas ocorrem o tempo todo, e é dever das enzimas fazer com que elas ocorram com eficiência, pessoas que têm problema com a ação ou mesmo fabricação de uma enzima, certamente terá sérios problemas de saúde. Elas também são importantes na alimentação,

já que são as responsáveis por digerir todo o alimento da nossa dieta dentro do nosso corpo. Além disso, elas também atuam dentro do alimento, possibilitando o amadurecimento de frutas, o crescimento dos vegetais etc. Hoje, as enzimas têm uma importante função no mercado alimentício para as grandes indústrias, pois existe um grande interesse na melhoria do alimento comercializado.

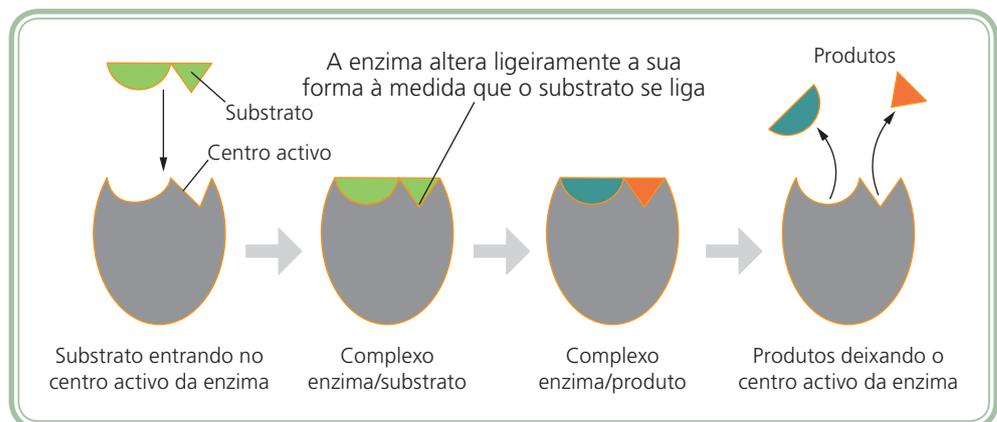
Toda enzima é específica para uma reação. Em uma reação enzimática, a enzima X irá tornar possível que uma molécula A se torne em uma molécula B (Figura 4.1). Chamamos portanto a molécula alvo dessa enzima de substrato, dessa forma a enzima é encarregada de se ligar ao seu substrato e liberar o produto dessa reação. No final de uma reação enzimática, a enzima permanece inalterada enquanto o substrato sofreu alterações transformando-o em um produto, esse produto é o objetivo da reação.



Lembre-se de que hormônios, anticorpos e toxinas, também são classes de proteínas com uma função específica em comum. Assim como as enzimas aceleram reações químicas, os hormônios levam informação às células, os anticorpos defendem o corpo e as toxinas agem sendo prejudiciais a nossa saúde.

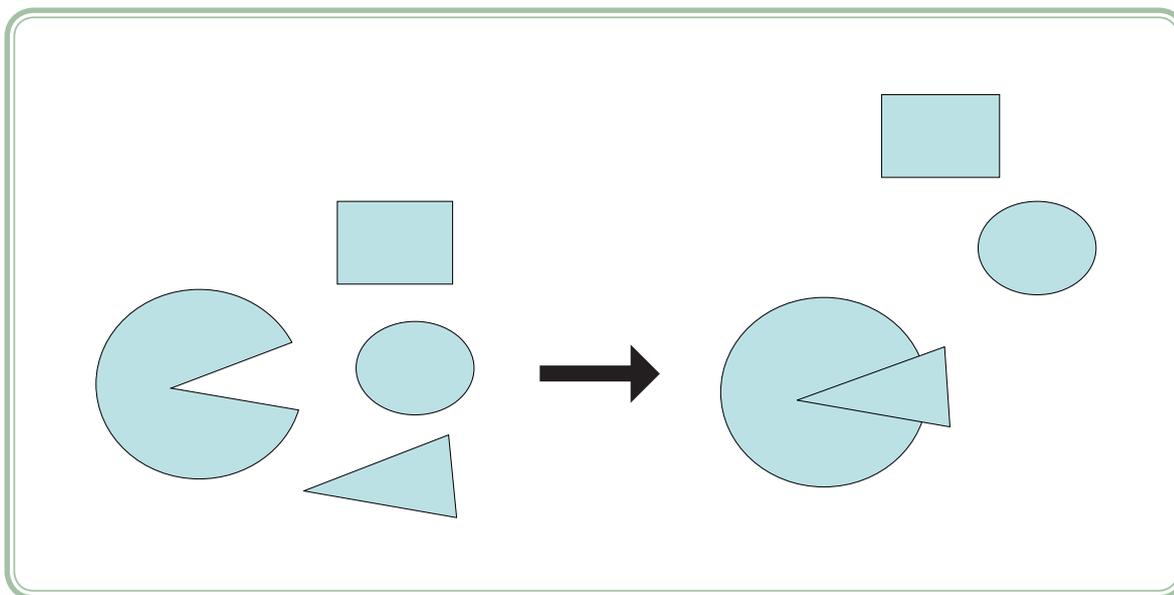
A inibição de enzimas em alimentos pode permitir que eles durem mais tempo, impedindo a perda da mercadoria.

A última ligação com o radical fosfato é a que guarda mais energia e por isso é quebrada quando a célula precisa de energia para alguma reação química.



**Figura 4.1: Esquema de como funciona o mecanismo de ação enzimática**

Cada enzima é extremamente específica para seu substrato, formando um tipo de encaixe que chamamos de modelo chave-fechadura (Figura 4.2).



**Figura 4.2: Modelo chave-fechadura. Cada enzima só pode se ligar ao seu substrato específico.**

O modelo chave-fechadura é assim chamado porque assim como uma chave se encaixa perfeitamente a sua fechadura a enzima se encaixa perfeitamente ao seu substrato.



Para compreender melhor as enzimas, precisamos entender suas principais propriedades, pois como um grupo separado de proteínas elas têm funções e propriedades bem específicas.

## 4.2 Nomenclatura

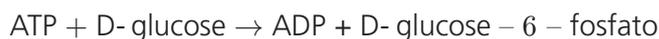
Geralmente, as enzimas têm a terminação ASE antecedido pelo nome dos seus substratos, por exemplo, a amilase é a enzima que catalisa a reação de quebra do amido, a lipase é a enzima que catalisa a reação de quebra das moléculas de lipídeos. Entretanto, muitas enzimas, como a pepsina, recebem nomes que não se referem a seus substratos e possuem uma nomenclatura que não segue nenhum padrão.

Muitas delas podem ser conhecidas por nomes diferentes, como a amilase salivar, que pode ser chamada de ptialina. Ou mesmo enzimas diferentes que agem sobre o mesmo substrato podem receber nomes iguais. Devido

a esses problemas e a constante descoberta de novas enzimas houve uma necessidade pela formação de um padrão na construção do nome de uma enzima. De acordo com esse padrão, toda enzima recebe um nome que identifica o tipo de reação que ela catalisa.

Esse método padrão trata-se de um acordo internacional que classifica as enzimas em seis classes (Tabela 4.1), as quais possuem subclasses que identificam o tipo de reação catalisada. Cada enzima recebe um sistema de classificação de 4 dígitos e um nome sistemático que identifica a reação catalisada. Veja o exemplo a seguir.

A enzima **ATP**: glucose fosfotransferase catalisa a seguinte reação:



O seu nome indica que ela é responsável por catalisar a transferência de um grupo fosfato do ATP para a glucose.

Essa enzima faz parte do grupo de enzimas que estão na classe 2, por isso ela recebe o número de classificação 2.7.1.1, o que significa que o número 2, que é o primeiro dígito, indica o nome da classe enzimática na qual ela está inserida, a classe das transferases, o segundo dígito é o número 7, que indica a subclasse das fosfotranferases, o terceiro dígito, o número 1, indica uma sub-subclasse de enzimas fosfotransferases que possui o radical hidroxila como acceptor de elétrons, por fim o quarto dígito, o número 1, indica a D- glucose como substância receptora do grupamento fosfato.



Proteínas muito conhecidas possuem uma nomenclatura oficial, mas são conhecidas pelo seu nome comum, como, por exemplo, a anidrase carbônica que atua no  $\text{CO}_2$  do sangue, a amilase salivar, também conhecida como ptialina, que digere o amido na boca. Outros exemplos de enzimas são a enolase e a tiolase.

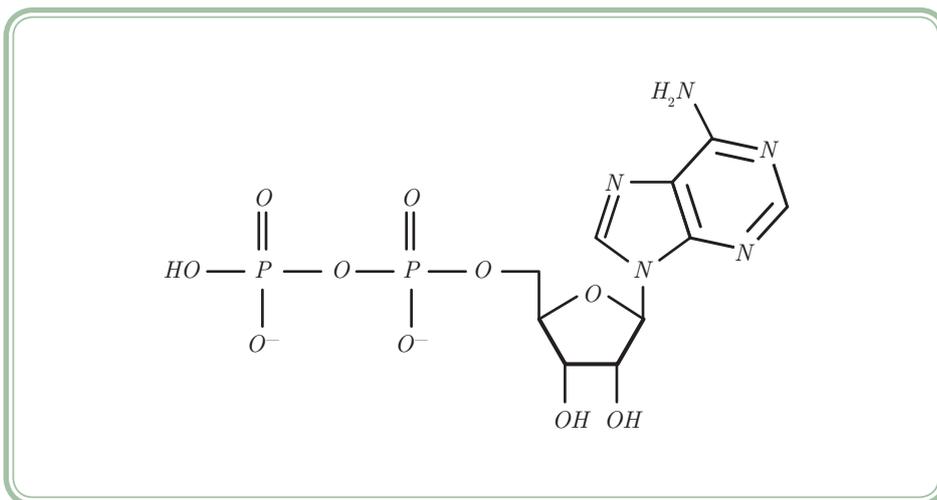
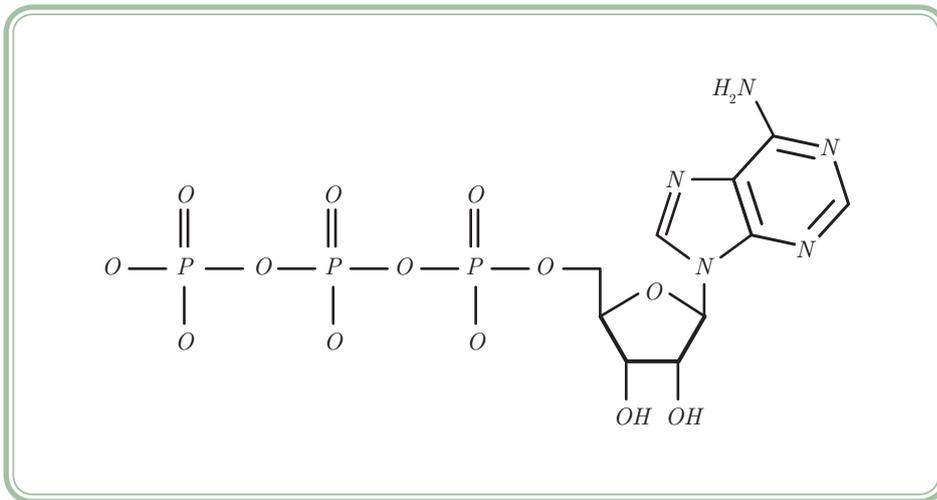
Lembre que a reação a seguir é a fosforilação da molécula de glicose, essa reação é a primeira etapa da respiração celular que irá terminar na cadeia transportadora de elétrons.

ATP, ou adenosina trifosfato, é um nucleotídeo que tem função energética na célula por suas ligações fosfato guardarem bastante energia. Ela é considerada a moeda energética da célula, dessa forma, uma célula com muito

ATP é uma célula rica em energia. Geralmente, as células que possuem muito ATP são células com grande atividade, como neurônios e músculos.

O ATP libera energia com uma reação de hidrólise, ou seja, utiliza uma molécula de água para liberar o produto, um íon fosfato (Pi) e o composto adenosina difosfato (ADP).

Veja a seguir a molécula do ATP e do ADP:



**Tabela 4.1 – Sistema de classificação internacional das enzimas, divisões baseadas nas reações catalisadas por cada enzima.**

N°	Classe	Tipo de reação catalisada
1	Oxirredutases	Transferência de elétrons.
2	Transferases	Reações de transferência de grupos.
3	Hidrolases	Reações de hidrólise (transferência de grupos funcionais para a água).
4	Liasas	Adição de grupos a duplas ligações ou o inverso
5	Isomerases	Transferências de grupos dentro de uma molécula produzindo isômeros.
6	Ligases	Formação de ligações $C-C$ , $C-S$ , $C-O$ e $C-N$ por reações de condensação acopladas à clivagem de ATP.

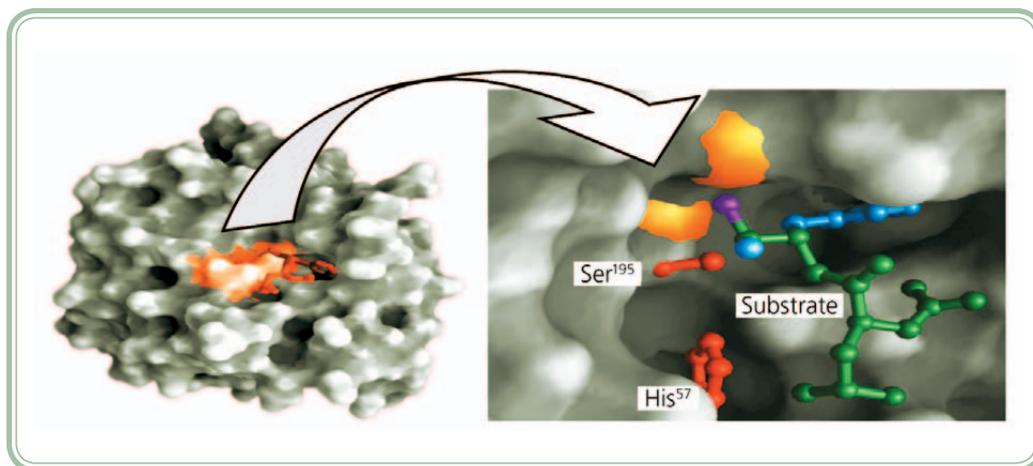
Em casos em que o nome convencional é muito extenso, dificultando não só a pronúncia, como também a escrita, é comum usar o nome mais conhecido da enzima, no caso da enzima citada como exemplo o seu nome comum é hexoquinase.

### 4.3 Centro ativo

Embora a enzima seja uma molécula enorme, como vimos no capítulo anterior as proteínas são as maiores moléculas dos seres vivos, apenas uma pequena porção da enzima é responsável pelo desempenho de sua função, ou seja, apenas uma pequena parte da enzima funciona como uma estrutura de ligação ao seu substrato, e é nessa parte que irá acontecer a reação enzimática. Essa pequena parte é chamada de centro ativo (figura 4.3). Portanto o centro ativo ou sítio ativo da enzima é uma cavidade com forma definida, aberta na superfície da molécula da enzima, constituídas por grupos  $R$  de aminoácidos. Essa forma do sítio ativo confere especificidade a catálise enzimática.

Toda essa conformação do centro ativo é fundamental para o funcionamento da enzima, uma vez que tem uma estrutura definida na superfície da molécula enzimática e isso permite a enzima reconhecer seu substrato. Uma molécula só poderá se ligar a enzima se tiver a forma espacial adequada para se encaixar no centro ativo. Claro que esse não é o único critério para a ligação da enzima a seu substrato, como já foi dito essa ligação é extremamente específica, de forma que além do devido encaixe espacial das duas moléculas é necessário

também que os grupos químicos das duas moléculas estabeleçam ligações entre si. Ao se aproximar e se ligar a enzima o substrato possibilita que a enzima possa se ajustar espacialmente podendo tomar uma forma ideal para que a reação catalítica ocorra.



**Figura 4.3:** À esquerda, estrutura tridimensional de uma proteína destacando seu centro ativo, do lado direito, o seu centro ativo ampliado mostrando os aminoácidos que a compõem.

## 4.4 Especificidade absoluta e relativa

Como já foi visto, toda enzima possui uma área de reconhecimento exclusiva de uma molécula, chamada de centro ativo, entretanto, esse centro ativo pode ser específico para uma determinada molécula ou para um determinado grupo funcional. Nesse caso, quando a enzima é específica para uma única molécula, chamamos sua especificidade de absoluta; do mesmo modo, quando ela é específica para um grupo funcional, podendo reconhecer várias moléculas diferentes, ela possui uma especificidade relativa.

Releia o conteúdo visto nessa aula e faça um pequeno resumo no seu caderno, destacando o mecanismo de ação enzimática, seu centro ativo e sua especificidade. Se possível pesquise em outras fontes para enriquecer seu resumo.



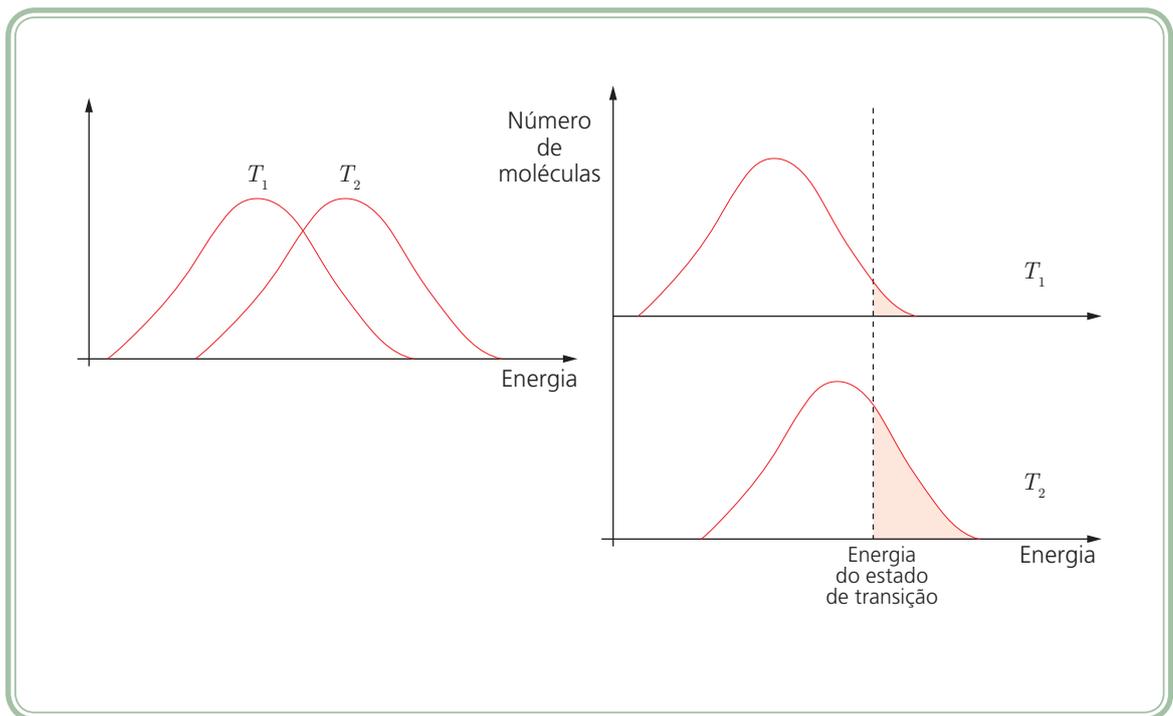
## 4.5 Estado de transição

Em um sistema, onde existem várias moléculas, é comum que haja uma variação do conteúdo energético de molécula para molécula, é claro que nem todas possuem o mesmo conteúdo, umas mais outras menos, e a maioria numa quantidade média, determinada pela temperatura em que esse sistema se encontra.

Elevação da temperatura em um sistema desencadeia um aumento no conteúdo energético das moléculas ali contidas, embora seja mantido o mesmo padrão de distribuição de energia entre elas.

Para que possam reagir, as moléculas precisam atingir um conteúdo energético que lhes possibilitem atingir um estado reativo. O estado em que as moléculas alcançam energia para poderem reagir é chamado de estado de transição (figura 4.4). A velocidade de uma reação será tão grande quanto maior for o número de moléculas que tenham atingido esse estado, ou seja, a velocidade de uma reação química é diretamente proporcional ao número de moléculas que tenham atingido o estado de transição.

Como o aumento de temperatura eleva também o conteúdo energético das moléculas, aumentando-se a temperatura teremos um número maior de moléculas que chegam até o estado de transição, logo, a elevação da temperatura possibilita o aumento na velocidade de uma reação química.



**Figura 4.4:** Em a, veja o aumento da energia quando ocorre a variação de temperatura. Considere  $T_2$  uma temperatura maior que  $T_1$ ; em b o mesmo gráfico de "a" é mostrado separadamente. Observe que em  $T_2$  existe uma maior quantidade de moléculas que atingiram o estado de transição (parte escura).

## Pare e pense



a respiração é um processo que utiliza moléculas de glicose em presença de oxigênio para formação de água e energia. Essa reação ocorre o tempo todo no nosso organismo. Mas, porque a glicose não pode reagir com o oxigênio de forma espontânea na natureza?

Na verdade, essa reação requer uma energia de ativação altíssima, e de modo algum poderia ocorrer de forma espontânea, para que isso ocorra na natureza é preciso que se toque fogo. Entretanto, as enzimas responsáveis pela respiração celular diminuem consideravelmente essa energia de ativação tornando a reação possível.

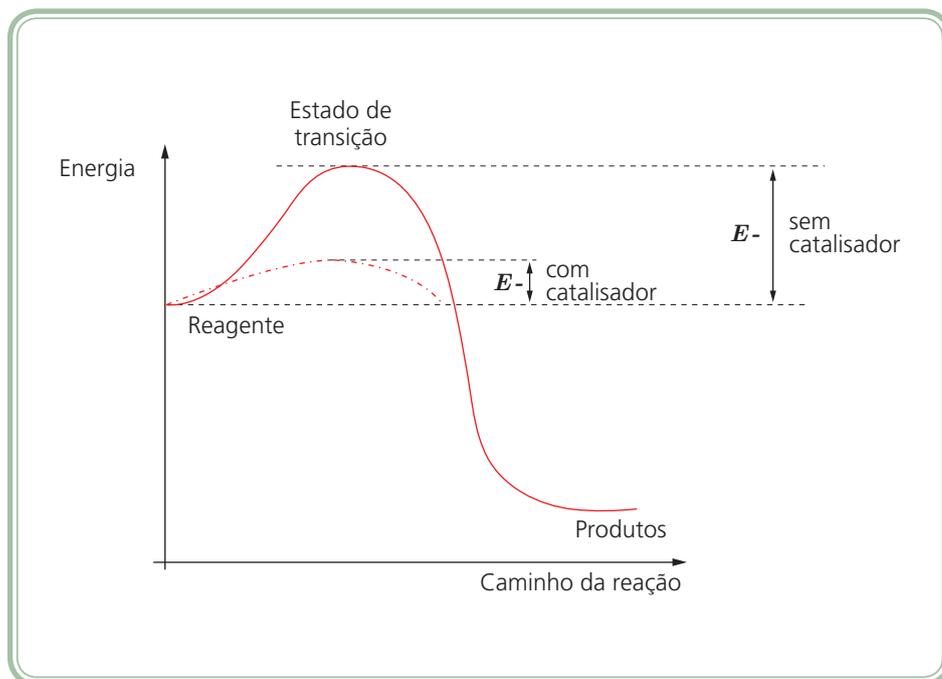
## 4.6 Energia de ativação

A energia de ativação é a energia necessária para levar um mol de uma substância até seu estado de transição. Quanto maior a energia de ativação mais difícil torna-se a reação. Uma substância não pode chegar a sua energia de ativação sem um agente ou um fator que possibilite o aumento dessa energia por parte da molécula. Os catalisadores são as moléculas responsáveis por diminuir essa energia em organismos vivos, possibilitando que as energias de ativação sejam obtidas com maior velocidade, acelerando, assim, a velocidade da reação. Muitas reações podem ocorrer em frações de segundo em presença do seu catalisador.

A principal característica dos catalisadores é que eles não sofrem nenhuma alteração molecular após a reação, da mesma forma eles não são consumidos no processo, por isso eles podem ser úteis e desempenhar muito bem seu papel mesmo em pequenas quantidades.

As moléculas responsáveis nos seres vivos para realizar a função catalítica são as enzimas, e sua importância é tão fundamental que todas as células possuem essas moléculas. Por se tratarem de catalisadores que atuam em sistemas biológicos, elas são chamadas de biocatalizadores

Na catálise enzimática, as moléculas atuam se ligando ao seu substrato, criando, assim, de certa forma, uma nova molécula, que precisa de um novo estado de transição que requer uma energia de ativação bem menor.



**Figura 4.5:** Na presença de um catalisador, a reação ocorre através de um novo caminho, onde a energia de ativação ( $E_a$ ) é menor.



Uma enzima pode se ligar ao seu substrato e liberá-lo sem que a reação enzimática ocorra, pois a reação que liga a enzima ao substrato é reversível, entretanto, após formado o produto, ou seja, após acontecida a reação química, a enzima não poderá mais tornar o produto em substrato, pois a reação que forma o produto é irreversível. A única maneira de formação da molécula do substrato é se outra enzima for responsável por fazer a reação inversa.

## 4.7 Atividade enzimática X pH e temperatura

Como já vimos, a enzima depende de toda sua estrutura para desempenhar seu papel catalítico, entretanto, essa estrutura pode ser alterada devido à presença de agentes que podem provocar mudanças conformacionais na estrutura molecular da enzima.

Da mesma forma que uma enzima é bem específica para seu substrato, ela também é específica para a temperatura e para o pH em que a reação ocorre. Um bom exemplo disso são as enzimas que atuam na digestão dos alimentos, a amilase salivar que digere amido na boca não pode digerir os amidos no estômago, pois está fora da faixa de pH em que ela atua, uma vez que o pH na boca é em torno de 7,0 e o do estômago é em torno de 2,0.

Nesses casos, dizemos que cada enzima possui um valor de pH em que sua atuação é máxima, ou seja, cada enzima possui um valor de pH ótimo. Da mesma forma, como já vimos que a temperatura pode elevar a velocidade da reação, perto de  $0^{\circ}\text{C}$  a enzima praticamente não apresenta nenhuma reação, ao se aumentar a temperatura a reação enzimática torna-se favorecida, portanto, aumentando-se a temperatura a velocidade da reação também irá aumentar gradativamente. Entretanto, a temperatura também é um fator que pode quebrar as ligações da molécula proteica tirando a enzima de sua forma nativa, fora de sua forma nativa a enzima não tem potencial catalítico. Portanto, a elevação de temperatura pode ser favorável até o limite em que a estrutura da enzima não seja alterada.

A temperatura e o pH, dessa forma, são responsáveis pela boa atuação enzimática, podendo alterar a conformação da molécula em casos de alterações bruscas, bem como podendo tornar a enzima muito mais eficiente no seu mecanismo de ação.

Já vimos que a elevação da temperatura no estado febril de uma pessoa pode levá-lo à falta de apetite e vômitos. A febre é um aviso de que o corpo não está bem e pode trazer danos muito graves, Crianças de 6 meses a 6 anos, por exemplo, podem ter convulsões febris e caso não sejam tomados os cuidados necessários poderão desenvolver um quadro de epilepsia mais tarde, ou seja, convulsões sem febre. O que poucos sabem é que as convulsões não tem nada a ver com a intensidade da febre, não estando portanto relacionado à temperatura do corpo, mas ao aumento da excitabilidade cerebral induzida pela febre.



## 4.8 Inibidores enzimáticos

Qualquer substância capaz de inibir o funcionamento de uma enzima é chamada de inibidor enzimático. Uma só enzima pode ter muitos inibidores, o número de inibidores é muito grande e a forma como eles atuam na enzima pode variar. Para tornar mais fácil o estudo dos inibidores enzimáticos, os classificamos em dois grupos: os inibidores reversíveis e os irreversíveis.

Os inibidores irreversíveis reagem quimicamente com as enzimas, deixando-as inativas permanentemente.

Os inibidores reversíveis podem ser classificados de acordo com a forma como atuam na enzima, dessa forma, podem ser divididos em:

- competitivos: nesse caso, os inibidores possuem estrutura muito semelhante à do substrato. Dessa forma, podem se ligar ao centro ativo da molécula formando um complexo enzima-inibidor semelhante ao complexo enzima-substrato, entretanto, o complexo enzima-inibidor nunca formará o produto, portanto, a ação da enzima estará bloqueada, diminuindo a velocidade da reação;
- não-competitivos: nesse caso, os inibidores não tem nenhuma semelhança estrutural com o substrato da reação que inibem. Na verdade, nesse tipo de inibição os inibidores atuam com ligações a radicais que não pertencem ao centro ativo da molécula. A ligação afeta tanto a enzima que modifica sua estrutura, afetando também a estrutura do centro ativo, não permitindo que essa enzima se ligue ao seu substrato, dessa forma, a enzima não poderá realizar a reação.



Entenda que quando dizemos que os inibidores irreversíveis reagem quimicamente com a enzima, estamos dizendo que existe o compartilhamento de elétrons nessa ligação e que ocorre uma reação química, portanto, a molécula enzimática terá uma outra conformação e perderá totalmente sua função.

## 4.9 Cofatores enzimáticos

Muitas enzimas precisam de uma parte não protéica para desempenharem seu papel catalítico. Essa parte é chamada de cofator e podem ser divididos em três grupos, que incluem:

- a) Grupos prostéticos – é usualmente considerado como um cofator firmemente ligado a proteína enzimática. Exemplo o grupo heme da hemoglobina.
- b) Coenzimas – é uma molécula orgânica pequena, termoestável, que facilmente dissocia-se da proteína enzimática. Exemplo as vitaminas.
- c) Ativadores metálicos – é representado por cátions metálicos mono ou divalentes como  $K^+$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  ou  $Zn^{2+}$ , indispensáveis para atividade de um grande número de enzimas. Esses íons podem estar frouxa ou firmemente ligados a uma proteína enzimática.

Uma enzima que possui um cofator não pode funcionar sem ele, nesse caso, a parte protéica da enzima se chama apoenzima ou apoproteína, quando estiver ligada ao seu cofator ela é chamada de holoenzima e está pronta pra reagir.

Apoenzima + Co-fator = Holoenzima  
(inativa) (inativo) (ativa)

Caso o cofator esteja ligado fortemente à molécula enzimática, ele pode ser classificado como um grupamento prostético.



1. Faça uma pesquisa das reações químicas mais rápidas e das mais lentas que ocorrem no corpo humano, em seguida explique o porque da diferença no tempo da reação.
2. Inibidores enzimáticos são utilizados muitas vezes como medida terapêutica no tratamento de doenças. Pesquise alguns desses inibidores utilizados na medicina.



## Resumo

Enzimas são uma classe de proteínas responsáveis por acelerar o processo de uma reação química. Elas são muito específicas e agem diminuindo a energia de ativação das reações. Por serem tão específicas para uma determinada molécula elas podem ser inibidas facilmente por uma molécula que se pareça com seu substrato.

Tendo estudado vastamente as proteínas, passaremos agora para outra classe de biomoléculas muito importantes, os carboidratos.

## Atividades de aprendizagem

1. Qual a função das enzimas no nosso organismo?
2. Como funciona o mecanismo de ação enzimática?
3. Que fatores afetam a reação enzimática?
4. Explique com suas palavras por que uma enzima é tão específica para seu substrato.
5. O que é centro ativo e qual sua importância na reação enzimática?
6. Classifique os inibidores enzimáticos e cite as principais diferenças da ação de cada um deles.

# Aula 5 – Carboidratos

## Objetivos da aula

Identificar um carboidrato pela sua estrutura molecular

Diferenciar aldoses e cetoses.

Citar os monossacarídeos mais importantes para a indústria

Representar a fórmula de Fischer e Hawort para as moléculas dos carboidratos

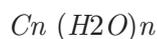
Explicar o processo de fermentação.

## 5.1 Generalidades

Grande parte dos nossos utensílios, como tudo que é feito de madeira e nossas roupas de algodão, são formados predominantemente de carboidratos. Na nossa alimentação, eles também são maioria, alimentos como pão, macaxeira, inhame, milho e seus derivados, como o cuscuz, são muito ricos em carboidrato. O açúcar de cozinha é um carboidrato chamado de sacarose, muito comum na cana-de-açúcar, bem como na rapadura, no melaço etc.

Essas moléculas estão distribuídas no corpo com diferentes funções e são muito encontradas nas plantas. As células das plantas são cobertas por uma parede constituída por um carboidrato chamado celulose, ela é a molécula orgânica mais abundante de todo o planeta, por ser encontrada em grande quantidade em todos os vegetais.

Todos os carboidratos podem ser definidos pela fórmula empírica:



Observe que nessa fórmula existe um carbono para uma molécula de água, daí porque o nome carboidratos ou hidratos de carbono, uma vez que apresentam um átomo de carbono hidratado, entretanto, existem algumas exceções para essa fórmula.

Os carboidratos também chamados de sacarídeos, glicídios, oses ou açúcares, são definidos quimicamente como: polihidroxi-aldeídos (aldoses) ou polihidroxi-cetona (cetoses) e seus derivados, podendo produzir cetonas e aldeídos por hidrólise.

Quanto ao número de subunidades glicosídicas, podemos classificar os carboidratos como: **monossacarídeos**, os mais simples de menor peso molecular, são as unidades formadoras de carboidratos maiores; **oligossacarídeos**, contêm entre duas a dez moléculas de monossacarídeos; e **polissacarídeos**, os maiores carboidratos com uma condensação muito grande de moléculas de monossacarídeos.

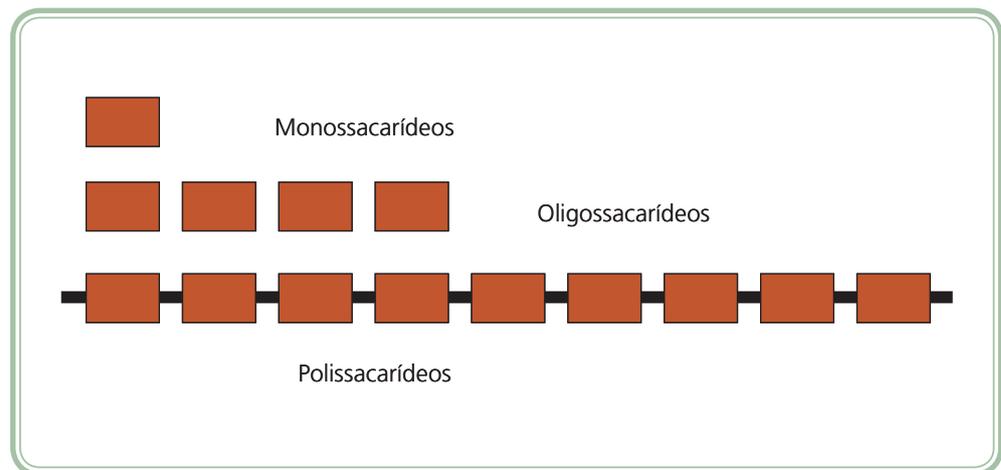


Figura 5.1: Esquema demonstrando a estrutura dos diferentes tipos de carboidratos



Os carboidratos são as biomoléculas mais abundantes na natureza, estando presente em todos os seres vivos, desempenhando funções fundamentais, a principal delas é a função energética, uma vez que essas moléculas possuem muita energia nas suas ligações químicas. Entretanto, também pode ter funções como reconhecimento celular, que é o caso dos açúcares que estão na membrana celular, e resistência, que é o caso da celulose, um carboidrato que está presente na parede celular das plantas.

A terminação OSE é comum aos monossacarídeos e oligossacarídeos, essa nomenclatura está associada ao carboidrato mais comum no sangue dos animais: a glicose.

## 5.2 Monossacarídeos

Os monossacarídeos são classificados de duas formas:

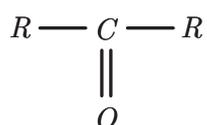
### 5.2.1 De acordo com o grupo funcional

- Aldoses: carboidratos que têm por base um grupo funcional aldeído.



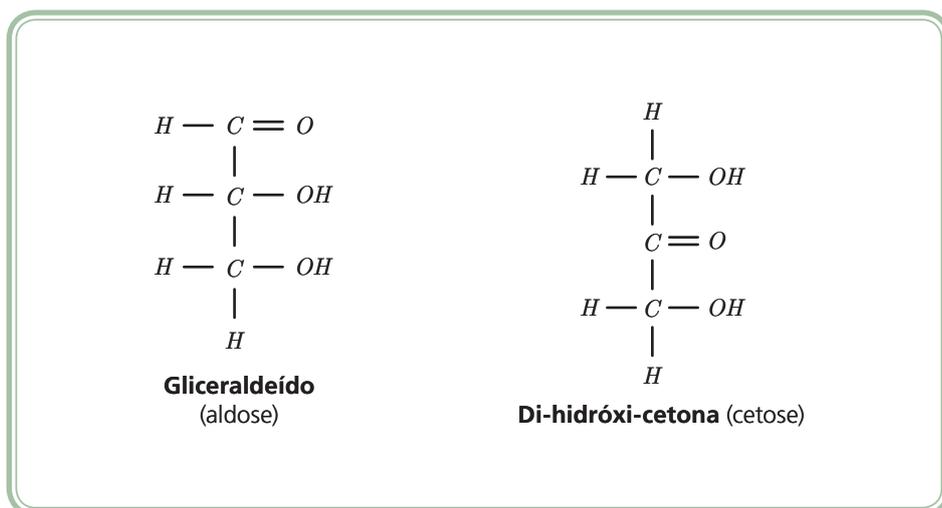
Onde o grupamento  $R$  representa o restante da cadeia carbonada da molécula.

- Cetoses: carboidratos que têm por base um grupo funcional cetona.



Onde os grupamentos  $R$  representam o restante da cadeia carbonada da molécula.

Os tipos de monossacarídeos mais simples, tanto aldoses quanto cetoses, são o gliceraldeído e a dihidroxicetona, respectivamente (Figura 5.2).



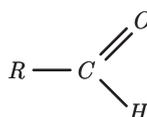
**Figura 5.2:** Fórmula estrutural do gliceraldeído e da dihidroxicetona, os carboidratos mais simples que existem



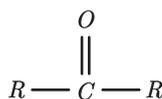
Lembrando que um grupo aldeído se encontra sempre no final da cadeia principal num átomo de carbono com uma dupla ligação com um átomo de oxigênio e uma ligação simples com um hidrogênio.

As cetonas são caracterizadas pela existência de uma dupla ligação entre um átomo de carbono secundário com um átomo de oxigênio.

As cetonas e os aldeídos são compostos orgânicos muito presentes em organismos vivos. Veja abaixo a estrutura geral desses compostos:



No caso do aldeído, a cadeia principal da molécula tem no carbono 1 o grupamento aldeídico que é formado por uma dupla ligação do carbono com o oxigênio e ligações simples com o hidrogênio e o *R*.



As cetonas são compostos que possuem uma dupla ligação entre o carbono 2 e o oxigênio porque a numeração dos carbonos nas cetoses começa da extremidade mais próxima do grupamento funcional cetona.

Na indústria, exemplos desses compostos são o formol, formado por metanal (formaldeído) e água. Uma cetona muito conhecida é a acetona, utilizada na indústria de cosméticos como removedor de esmaltes.

Nos organismos, existe uma reação muito comum após a ingestão de bebidas alcoólicas. A ressaca é uma reação causada pela presença do álcool junto com o acetaldeído, provocando a dor de cabeça e todos os sintomas causados pela ressaca.

### 5.2.2 De acordo com os átomos de carbono

Os carboidratos também podem ser classificados de acordo com o número de átomos de carbonos da molécula. Os mais simples são as trioses, contendo apenas três átomos de carbono na molécula, é o caso do gliceraldeído e a dihidroxicetona. As tetroses são formadas por quatro carbonos e não possuem grande importância para os seres vivos. As pentoses possuem cinco carbonos e são principalmente representadas pelos carboidratos componentes dos ácidos nucleicos, DNA e RNA, a desoxirribose e a ribose, respectiva-

mente. As hexoses são formadas por seis átomos de carbono e são os mais importantes carboidratos para os seres vivos, sendo de fundamental importância porque fazem grande parte da dieta. Existem também as heptoses, pouco comuns formadas por sete carbonos.

Essas duas classificações também podem ser combinadas. Por exemplo, um monossacarídeo com cinco carbonos e um grupo cetônico é chamado de cetopentose; da mesma forma, um monossacarídeo com seis carbonos e um grupo aldeídico é chamado de aldohexose.

Ácidos nucleicos: essas moléculas têm importância fundamental para os seres vivos, desde os vírus até o homem, nenhum ser vivo consegue sobreviver sem eles, pois são eles que guardam todo o material genético. Todas as informações de um indivíduo estão guardadas neles, são responsáveis não só por guardar e transmitir o código genético, mas também por traduzi-lo, fabricando proteínas que possam expressar o que esse código quer dizer. Acredita-se que na evolução o RNA foi o primeiro ácido nucleico a aparecer, com a evolução das espécies uma outra molécula mais estável e resistente a variações do meio surgiu, o DNA, ficando assim responsável por guardar o material e transmiti-lo aos descendentes, enquanto o RNA fica responsável por traduzi-lo e expressá-lo no organismo de cada



**Diabetes:** essa doença é uma das mais estudadas pela medicina atual. Muitos cientistas estão em ritmo acelerado para conseguir entender melhor o mecanismo de ação do organismo no diabetes. Ela é uma doença autoimune, ou seja, ocorre um erro na defesa dos anticorpos e eles passam a agredir o próprio corpo, destruindo-o. Por isso, a inflamação é um ponto tão crítico em diabéticos, por que qualquer que seja a lesão, os anticorpos imediatamente reagem na formação de um processo inflamatório sem controle, por isso em muitos casos de diabetes a amputação de membros se faz necessário, pois a inflamação chega a níveis crônicos. Tudo isso ocorre pela grande quantidade de glicose e ácidos graxos (produtos das gorduras) no sangue. O aumento de glicose e gordura pode estar relacionado com a grande quantidade de ingestão de alimentos ricos nesses componentes. Entretanto, a grande quantidade de glicose frequentemente está relacionada com deficiência na insulina, substância responsável por ativar a entrada de glicose nas células deixando o sangue livre dessas moléculas. Esse problema muitas vezes pode ser relacionado com problemas no pâncreas, a glândula responsável por fabricar e liberar a insulina.

Dessa forma, a diabete pode estar relacionada a problemas genéticos, se for assim precisa ser medicada com injeções de insulina no sangue para controlar a concentração de glucose; mas também pode ser adquirida por uma pessoa que exagera nos alimentos ricos em glucose, para esse tratamento basta o controle na alimentação para que os níveis de glucose diminuam. Entretanto, vale ressaltar que, uma vez adquirida, o diabetes não tem cura, podendo apenas ser controlada. Por isso, o melhor é prevenir com uma alimentação saudável.

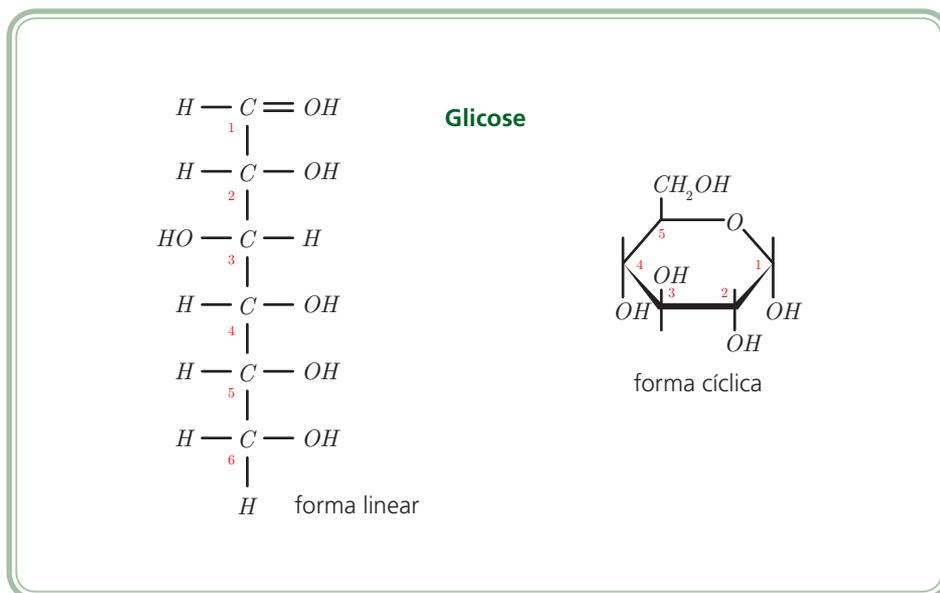
## 5.3 Pentoses

A grande importância das pentoses está na participação de duas dessas moléculas no material genético. Os carboidratos ribose e desoxirribose são moléculas formadas por cinco carbonos e constituem parte do esqueleto das moléculas de RNA e DNA, respectivamente. Esses carboidratos são importantes na formação e estabilidade dessas moléculas, uma vez que por guardarem o material genético precisam ser muito estáveis e contar com o mínimo de erro possível.

### 5.3.1 Hexoses

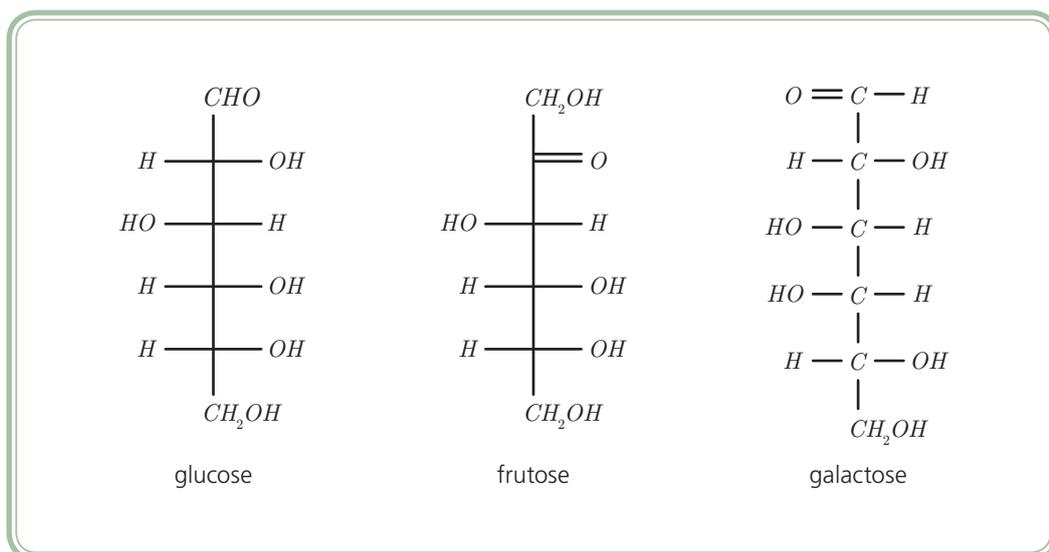
As hexoses são os monossacarídeos mais comuns entre os polissacarídeos, além de serem aqueles com maior necessidade nos organismos vivos. As hexoses mais comuns são frutose, galactose e glicose, que sem dúvida nenhuma se destacam das demais. Além de sua importância no ambiente, constituindo a molécula de reserva energética das plantas, sendo o produto da fotossíntese, a glicose é o monômero formador dos polissacarídeos celulose, que formam a parede celular das plantas, e formador da quitina, que constitui a carapaça de todos os artrópodes (camarão, caranguejo, insetos etc.). Além de todas essas funções no meio ambiente, a glicose é a principal molécula energética das células, sendo degradada na respiração celular, passando por uma série de reações químicas que irão terminar na produção de uma grande quantidade de energia para as células.

Devido a sua grande importância, a glicose (Figura 5.3) circula frequentemente no sangue e, por isso, é conhecida como o açúcar do sangue. A grande concentração dessa molécula no sangue é a responsável pelo desencadeamento do diabetes, uma doença autoimune que vem ganhando muito destaque nos estudos científicos em função de sua grande complexidade e frequência nos seres humanos.



**Figura 5.3: Estrutura molecular da glicose e sua forma cíclica**

Moléculas isômeras são muito comuns em carboidratos, ao contrário das proteínas onde apenas um isômero é funcional, no caso dos carboidratos muitos isômeros podem ser funcionais e ter funções muito diferentes, é o caso da frutose, da glicose e da galactose, todos são isômeros que possuem a mesma fórmula molecular. No caso da galactose e da frutose (Figura 5.4), também são carboidratos de grande importância, o primeiro é o açúcar presente no leite e o segundo é o açúcar presente nas frutas.



**Figura 5.4: Similaridade das moléculas de glicose, frutose e galactose**

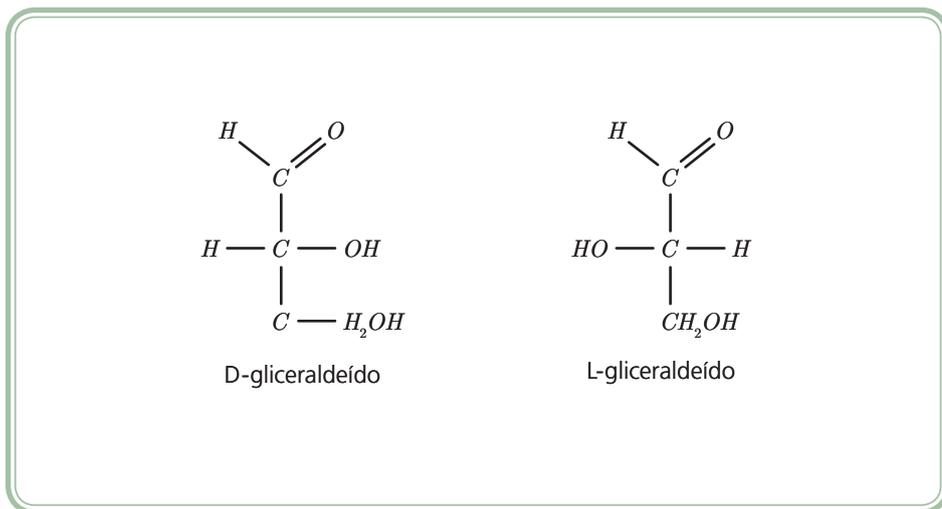


**Isomeria:** os isômeros são muito comuns na química das moléculas, eles são definidos por compostos químicos com a mesma fórmula molecular.

No caso dos monossacarídeos, iremos observar a presença de estereoisômeros, que são compostos com a mesma fórmula química molecular e estrutural, entretanto, alguns de seus átomos permitem rearranjos diferentes nas suas ligações químicas.

Estereoisômeros ocorrem toda vez que na molécula existir um carbono quiral, carbono que possui seus quatro radicais diferentes. Ele possibilita que os radicais ligados a ele se liguem de forma diferente.

No caso dos monossacarídeos, ocorre um tipo particular de estereoisômeros, chamados de enantiômeros, nesse caso os isômeros são como a imagem do outro no espelho. Toda a molécula é idêntica variando apenas os radicais em torno do carbono quiral. Um exemplo bem clássico é o do gliceraldeído, apresentado na figura a seguir na sua forma D e L, essas letras identificam a localização da hidroxila do penúltimo carbono, se estiver a direita (D), se estiver a esquerda (L). Observe na figura que a única diferença na estrutura da molécula é a posição da hidroxila, no segundo carbono, está em lados diferentes, e que se colocar qualquer um dos dois isômeros em frente ao espelho será observada a estrutura do outro.



## 5.4 Forma cíclica dos monossacarídeos

Na Figura 5.4, foi mostrada a estrutura de alguns carboidratos representados por uma cadeia aberta, entretanto, a maioria das moléculas de monossacarídeos se apresentam na forma de cadeia fechada ou cíclica. Para a formação de uma cadeia fechada, um dos grupos hidroxila do carbono 5 reage com o radical aldeídico ou cetônico, a depender de qual seja o carboidrato. Caso seja uma aldose, será formado um hemiacetal, caso seja uma cetose, se formará um hemicetal (Figura 5.5).

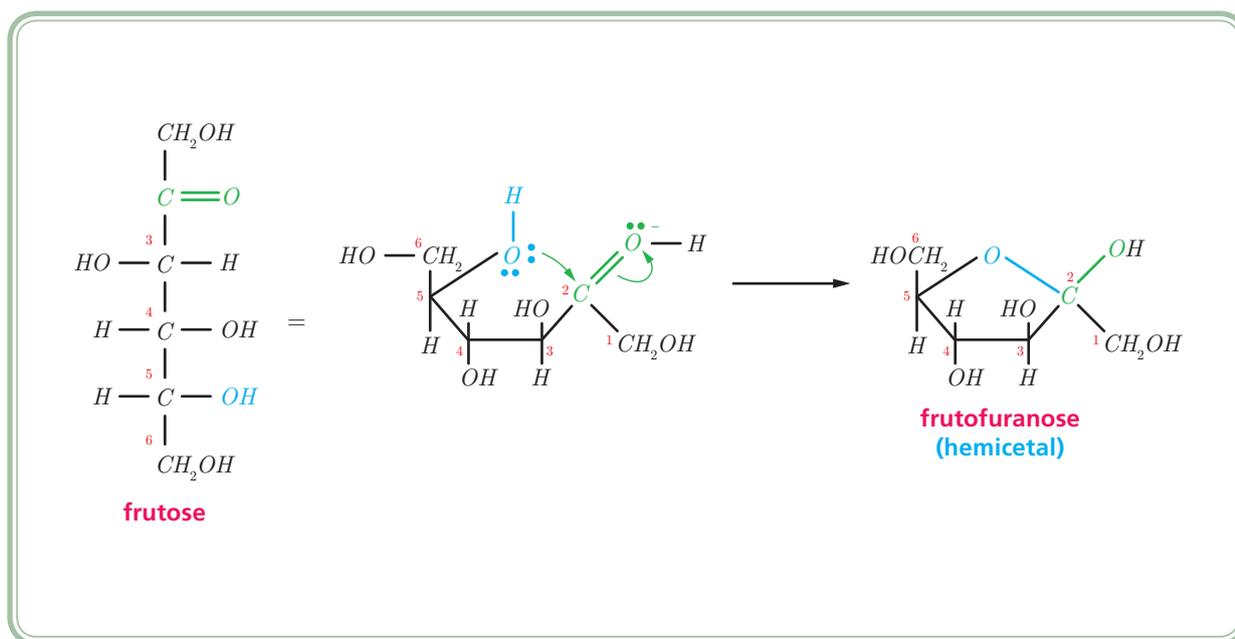
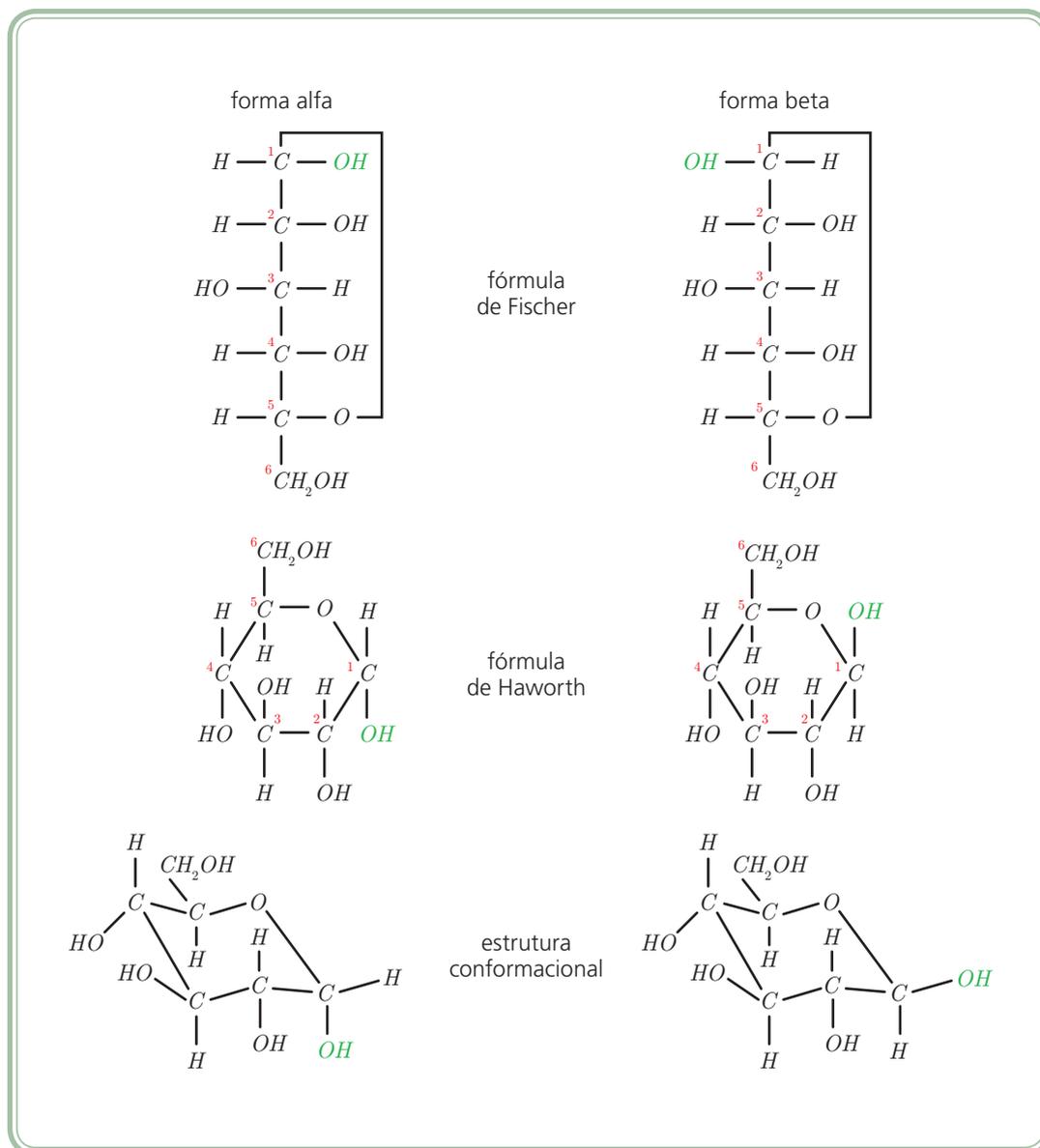


Figura 5.5: Esquema de formação de um hemicetal da molécula de frutose

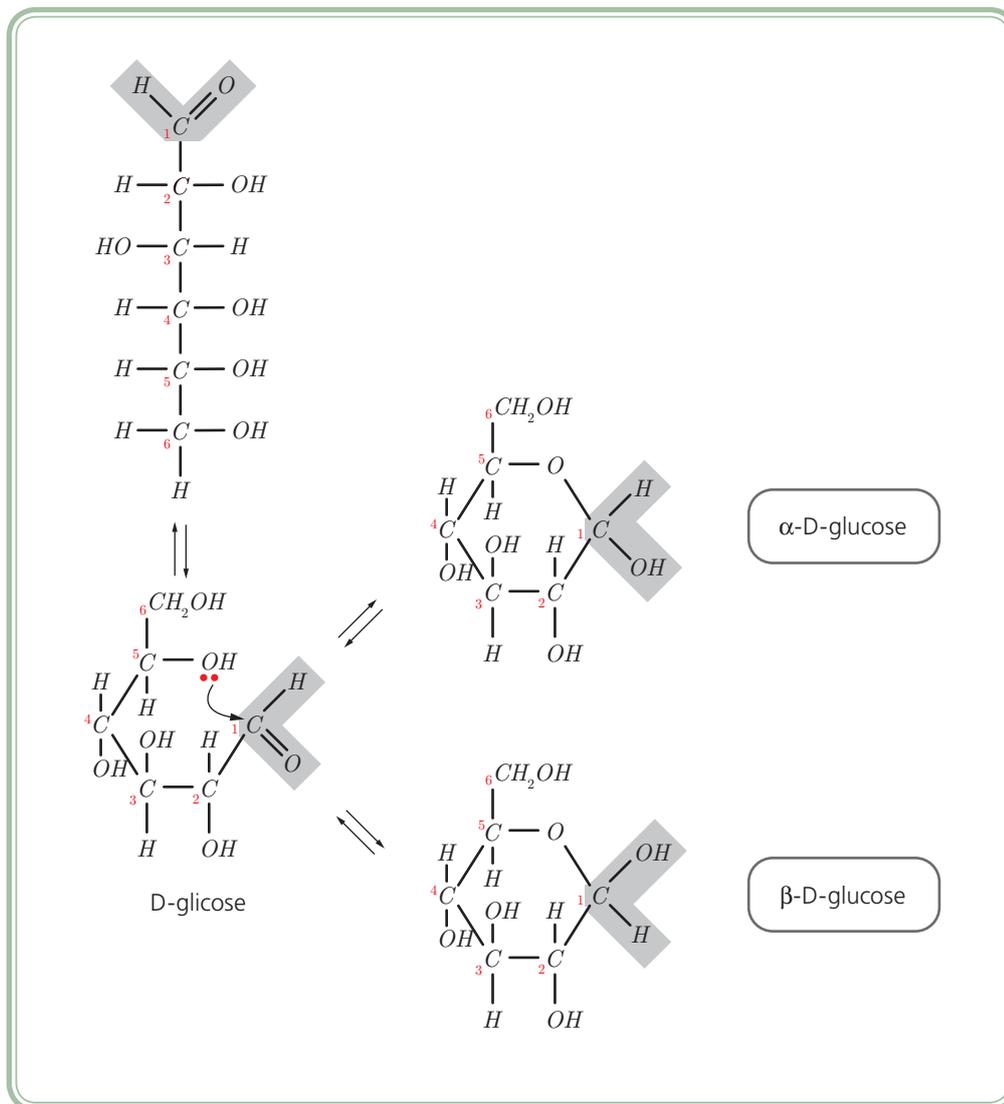
Dessa forma, existem três maneiras de representar a forma estrutural de um monossacarídeo, a forma em cadeia aberta, chamada fórmula de Fischer, a forma cíclica, chamada de fórmula de Haworth, e ainda uma outra fórmula, que representa a conformação tridimensional do monossacarídeo (Figura 5.6).



**Figura 5.6: Diferentes configurações para expressar a estrutura de um carboidrato**

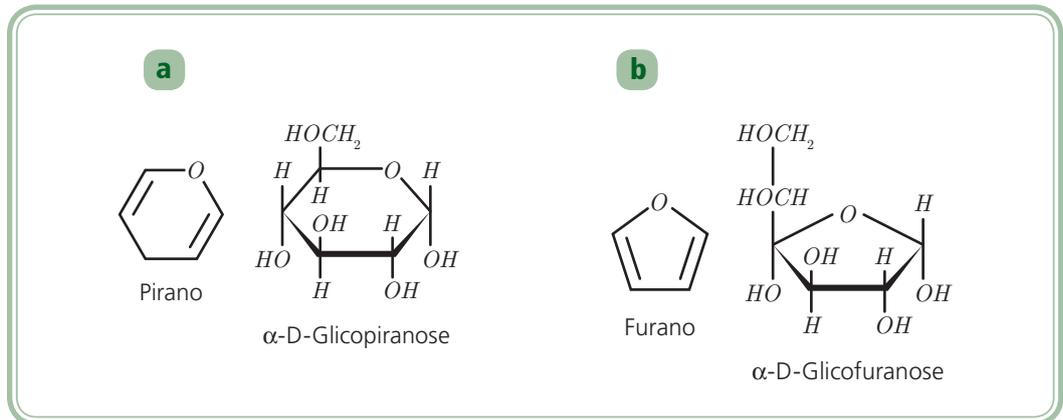
A forma cíclica dos monossacarídeos pode se apresentar de duas formas isoméricas relacionadas à posição do radical hidroxila. O carbono do radical carbonila, na forma cíclica, irá formar um novo centro quiral, chamado carbono anomérico, por isso, a possibilidade de duas novas formas isômeras chamadas de anômeros  $\alpha$  e  $\beta$  (Figura 5.7). De acordo com a projeção de Fischer, caso a hidroxila esteja ao lado direito do carbono, será formado o anômero  $\alpha$ , caso a hidroxila esteja ao lado esquerdo, será formado o anômero  $\beta$ . Na fórmula de Haworth, a forma  $\alpha$  tem a hidroxila para baixo, e na forma  $\beta$  a hidroxila está para cima. Esses dois anômeros podem se interconverter de forma que um monossacarídeo terá sempre as duas formas em

grande quantidade, a forma aberta é vista em uma concentração mínima em seres vivos, entretanto no teste de glicose urinária, para identificar um possível quadro de diabetes, a glicose medida está na forma aberta, uma vez que o teste tem por base o grupamento aldeídico livre.



**Figura 5.7: Formas anoméricas  $\alpha$  e  $\beta$  da molécula de glicose**

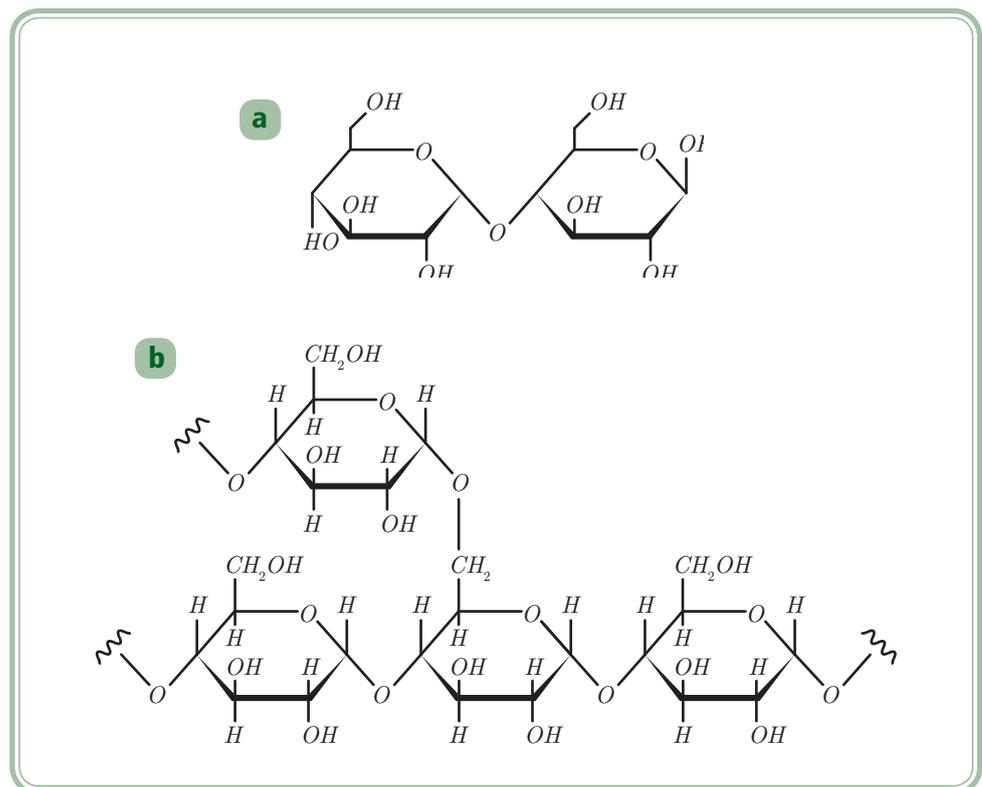
Uma molécula como a glicose, na sua forma cíclica, assemelha-se muito à molécula do pirano (Figura 5.8a) e, por isso, é chamada de piranose; outros monossacarídeos, que possuem cinco carbonos na forma cíclica, se assemelham ao furano (Figura 5.8b) e, por isso, são chamados de furanose. Nesse caso, a glicose da forma como está esquematizada na Figura 5.7 é chamada de  $\alpha$  ou  $\beta$  - D - glicopiranose.

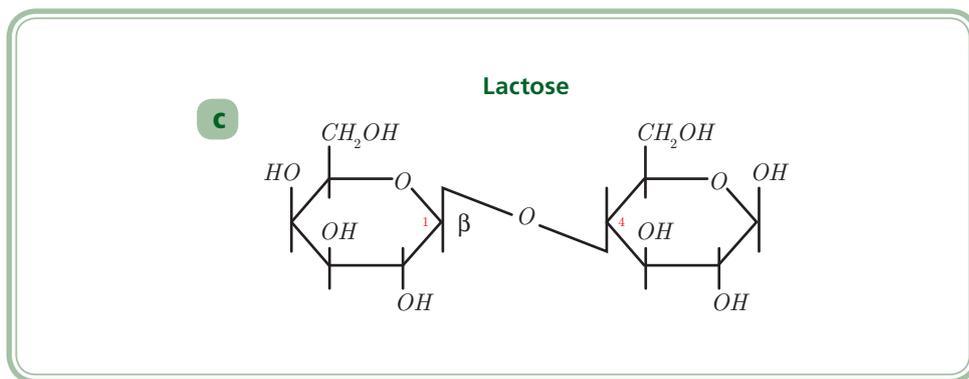


**Figura 5.8:** Comparação da molécula de pirano com a de uma hexose (a); e do furano com a de uma pentose.

## 5.5 Oligossacarídeos

A ligação entre dois monossacarídeos é chamada de ligação glicosídica. As formas  $\alpha$  e  $\beta$  dos monossacarídeos podem determinar a natureza da ligação que formará o oligossacarídeo, podendo ser  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4), como no caso da maltose (Figura 5.9a),  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6), como no caso da ramificação em polissacarídeos (Figura 5.9b), conforme veremos adiante, e  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4), o caso da lactose, o dissacarídeo encontrado no leite (Figura 5.9c).





**Figura 5.9: Estrutura de carboidratos e diferentes tipos de ligações glicosídicas**

**A sacarose:** esse dissacarídeo é muito presente na alimentação humana quando está relacionado ao sabor doce dos alimentos. Assim como a maioria dos açúcares, ele tem um sabor adocicado, entretanto, devido à grande facilidade de ser encontrado e obtido das plantas, principalmente da cana-de-açúcar e da beterraba, onde existe em grande quantidade, ele é o açúcar mais comum utilizado com essa função, por isso, é também chamado açúcar de cozinha. Sua importância é tão relevante que despertou interesse dos colonizadores do Brasil e até mesmo de invasores, como os holandeses, despertando guerras e disputas territoriais. Na época colonial, o nordeste era o maior produtor de cana-de-açúcar brasileiro, devido ao seu terreno ser favorável ao plantio, tendo sido uma monocultura predominante dessa região, sendo grande responsável pelo desmatamento da floresta tropical, restando hoje muito pouco da mata original.

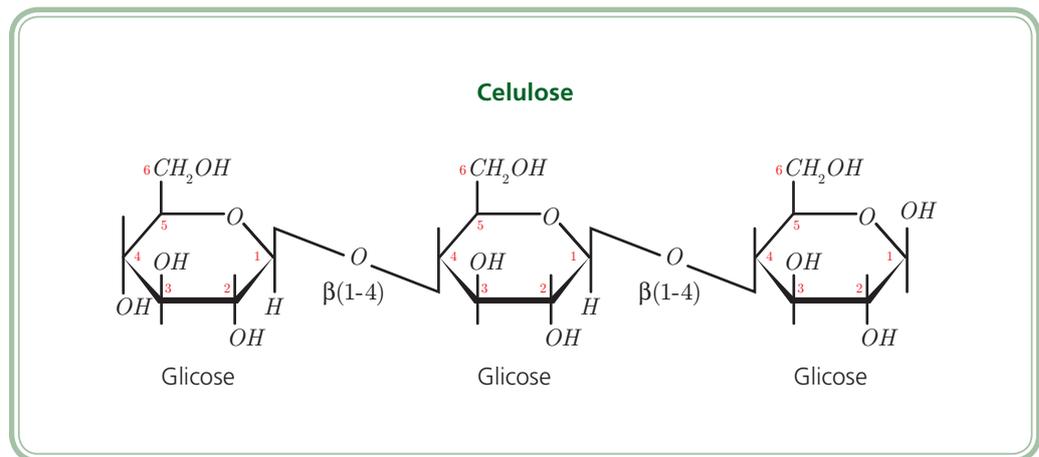


Hoje, São Paulo é o principal produtor de cana-de-açúcar do Brasil, devido à existência de um solo favorável e de uma economia mais estável para os agricultores. Entretanto, é muito comum andar pelas estradas nordestinas e observar as grandes plantações de cana que ainda existem nessa região, demonstrando assim que mesmo depois de séculos esse produto ainda é a principal matéria prima para obtenção de açúcar, bem como de outros componentes como a cachaça e a rapadura.

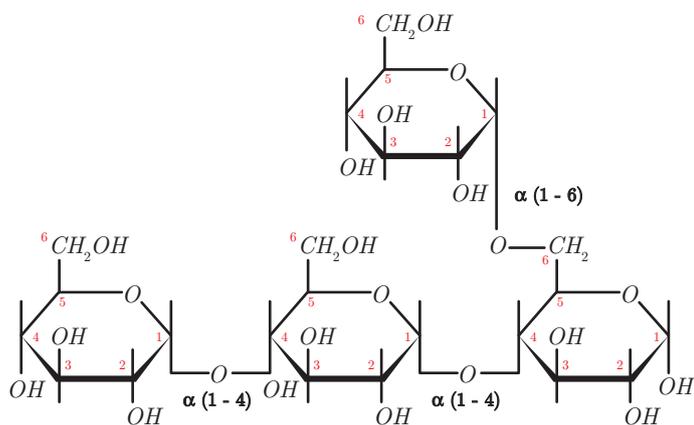
## 5.6 Polissacarídeos

Os carboidratos são as moléculas mais abundantes do planeta, a maior parte deles está organizada na forma de polissacarídeos, que são aglomerações de centenas de moléculas de carboidrato formando polímeros bastante condensados. A maioria dos polissacarídeos encontrados na natureza são formados por moléculas de glicose. Citamos a seguir alguns exemplos de polissacarídeos.

- Celulose: carboidrato que reveste as células das plantas. Devido a sua presença em plantas e em muitos outros seres vivos, a celulose é a molécula orgânica mais abundante de todo o planeta. Ela é formada por ligações glicosídicas  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4) na forma linear, como no trato digestivo humano não existem enzimas capazes de quebrar essa ligação, a celulose não pode ser digerida, mas serve como importante regulador intestinal, funcionando como fibras que absorvem grande parte da gordura ingerida na alimentação e controlam o tráfego intestinal. Os animais ruminantes têm a enzima celulase, produzida pelos microorganismos, que quebra a ligação glicosídica  $\beta$  (1 $\rightarrow$ 4), fazendo com que a celulose tenha função energética para eles, como no caso dos bovinos, caprinos, bubalinos etc. Com relação a alguns animais não ruminantes que possuem um pouco desses microorganismos, a celulose também pode ser aproveitada como fonte de energia, é o caso dos equinos e suínos.



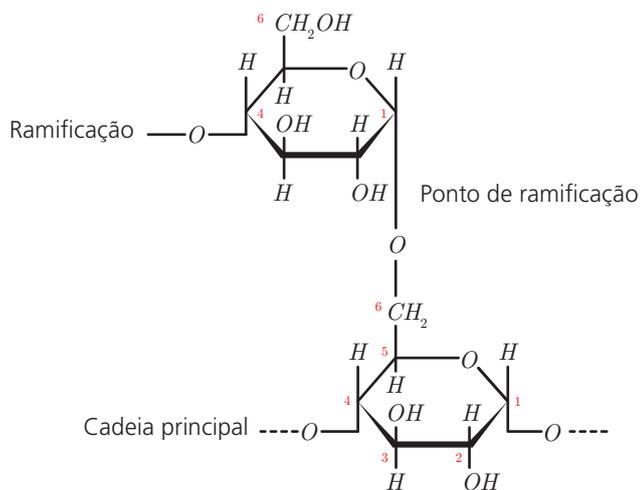
- Amido: esse carboidrato é produzido em plantas como reserva de energia. O produto da fotossíntese é a glicose, que é utilizada como molécula que dá energia à planta para desempenhar suas várias funções, como crescer, reproduzir, frutificar etc. O acúmulo de glicose é necessário para o armazenamento energético, essa glicose é armazenada na forma de amido nas plantas. O amido é um polissacarídeo ramificado com moléculas de glicose em ligações  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) e  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6). Esse polissacarídeo é o principal componente da nossa alimentação, está presente nos alimentos mais importantes da nossa dieta, como, por exemplo, macaxeira, inhame, pão, macarrão, batata-doce, milho. Na nossa boca, o amido começa a ser digerido pela quebra em moléculas de dextrinas, em seguida a digestão continua formando moléculas de maltose e, finalmente, formando glicose, a qual será absorvida pelo organismo.



**Amido**

- Glicogênio: da mesma forma como as plantas fazem reserva de glicose para usar como energia, os animais também fazem. Entretanto, os animais reservam glicose na forma de um outro polissacarídeo chamado glicogênio. Assim como o amido, o glicogênio também é ramificado e possui ligações glicosídicas ligações  $\alpha(1 \rightarrow 4)$  e  $\alpha(1 \rightarrow 6)$ . Ele é guardado no fígado de animais e é responsável por ceder toda energia imediata de que o animal precisa. Para que a energia seja utilizada, o glicogênio é quebrado e ocorre liberação de moléculas de glicose que chegam até as células e podem liberar sua energia para o organismo através do processo de respiração.

**Glicogênio**





**A indústria da celulose:** a celulose é hoje um dos maiores produtos obtidos de planta que é comercializado. Essa estrutura representa a maior parte de uma planta, principalmente do caule, dessa forma, qualquer coisa que você imaginar que seja feito de madeira tem como matéria principal a celulose. Por isso, ela é a molécula orgânica mais abundante em todo o planeta.

Agora, imagine sua vida sem a madeira e seus derivados.

*Olhe para sua casa... o que você vê?*

Portas, mesas, cadeiras, guarda-roupas, estantes, molduras de quadro e espelhos, cama (mesmo que seja de ferro, contém a grade), cabos de vassoura, sofás, entre tantas outras coisas.

Agora, olhe em volta da sala de aula: quadros, cadeiras, apagadores, lápis, sem contar com o mais importantes, os livros, cadernos e tudo mais feito de papel.

No Brasil, a floresta de araucárias já foi bastante explorada, e ainda é, pela busca de madeira lenhosa para fabricação desses materiais.

Hoje, muitas empresas já se preocupam em estruturar suas próprias florestas de subsistência, as quais garantem a produção constante de seus produtos.



1. De acordo com a fórmula geral dos carboidratos escreva qual a fórmula molecular da glicose, do gliceraldeído e da ribose.
2. Cite a importância e onde podemos encontrar os principais carboidratos.

## 5.7 Fermentação

Como já sabemos, cada ser vivo possui uma maneira própria de obter energia, em plantas, esse método ocorre pela fotossíntese, em animais, pela respiração. Nesse caso, muitos fungos e outros microorganismos utilizam a fermentação para obter energia. O fato é que essa especialidade passou a ser muito utilizada pelo homem na indústria alimentícia, é muito comum alimentos em nossa dieta que passam por um processo de fermentação, como exemplo temos o pão e todos os alimentos que possuem fermento, as bebidas alcoólicas e derivados de leite, como iogurte e queijo.

A fermentação é um processo bioquímico que degrada um derivado da glicose chamado piruvato, liberando gás carbônico. Dependendo do microorganismo,

a fermentação pode liberar também álcool ou ácido láctico, por isso dizemos que existem dois tipos de fermentação, a fermentação alcoólica e a fermentação láctea.

### 5.7.1 Fermentação alcoólica

De maneira geral, a fermentação alcoólica é o processo em que moléculas de glicose são formadas em álcool pela ação de leveduras. O exemplo mais clássico dessa fermentação na indústria alimentícia são as bebidas alcoólicas, com destaque para a cachaça produzida a partir da cana-de-açúcar. Além do álcool, outro produto dessa reação é o gás carbônico e sua presença pode ser observada em bebidas como cerveja e champanhe. Observe no esquema da Figura 5.10 que existe liberação de energia, essa, no caso, é utilizada pela levedura para suas funções vitais. Observe também que o álcool formado é o etanol, um dos primeiros e mais utilizados biocombustíveis, produzido principalmente através da cana-de-açúcar, um álcool muito comum na indústria formado apenas por dois carbonos (Figura 5.11).

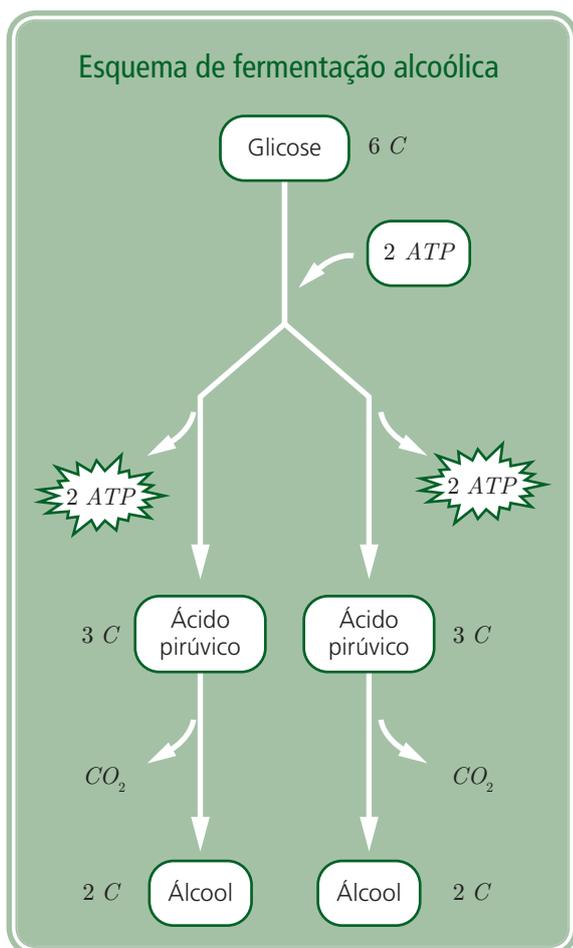
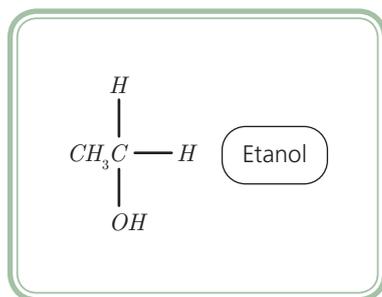


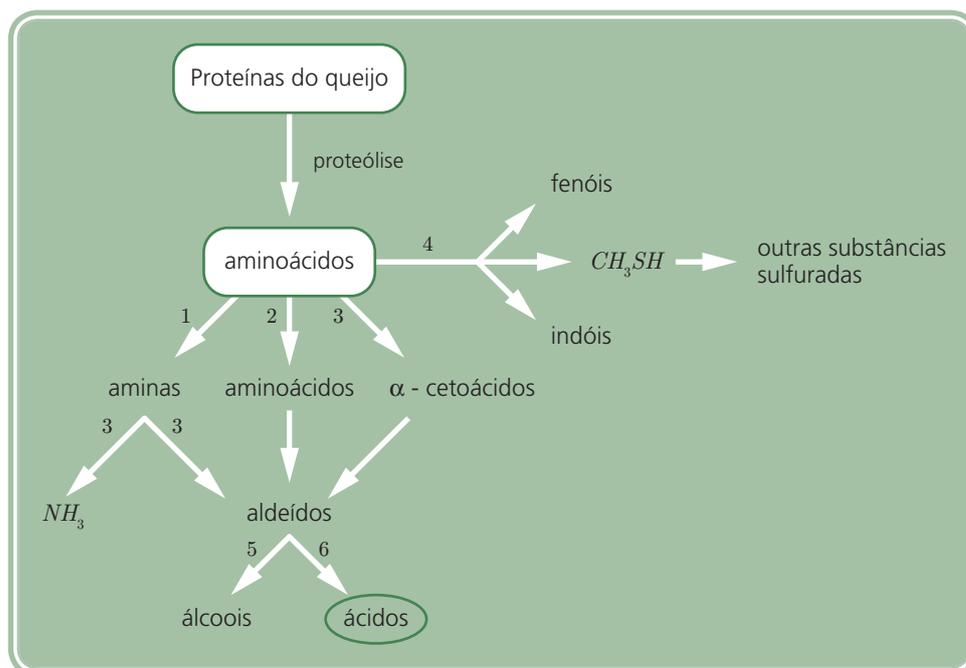
Figura 5.10: Esquema do processo de fermentação alcoólica partindo de moléculas de glicose para formar etanol.



**Figura 5.11: Estrutura da molécula do etanol, produto liberado da fermentação alcoólica realizado em leveduras.**

### 5.7.2 Fermentação láctea

Assim como a fermentação alcoólica, a fermentação láctea também é produzida por microorganismos. Nesse caso, são as bactérias, muitas delas já vivem em nosso trato digestivo e auxiliam na degradação de alimentos que não foram digeridos pelas enzimas. A fermentação láctea tem por base, principalmente, o oligossacarídeo lactose para formação de ácido láctico. A forma como isso irá ocorrer depende da bactéria que estará desenvolvendo o processo. Bactérias muito famosas nesse tipo de fermentação são os lactobacilos. Na indústria alimentícia, essa fermentação é utilizada na preparação de derivados do leite, como bebidas lácteas fermentadas e queijos em geral. A Figura 5.12 mostra o esquema de maturação do queijo, partindo das proteínas presente no queijo para formação de vários derivados, dentre eles o ácido láctico, o que caracteriza a fermentação láctea.



**Figura 5.12: Esquema de fermentação láctea a partir de proteínas presentes no queijo**

Pesquise o processo de reação da fermentação alcoólica e láctea descrevendo as reações passo a passo. Você poderá encontrar no livro de bioquímica de Stryer.



## Resumo

Os carboidratos são moléculas de grande importância alimentar. Isso porque além de diversas funções no organismo são fornecedores de energia para o sistema biológico. Eles podem ser classificados de acordo com a estrutura e com a quantidade de carbonos. A fermentação é um processo alternativo de obtenção de energia em animais, mas é o principal em organismos como algumas bactérias e fungos.

## Atividades de aprendizagem

1. De que modo, observando a estrutura de uma molécula, você pode identificar se ela é um carboidrato?
2. Qual a principal diferença entre uma aldose e uma cetose?
3. Cite cinco monossacarídeos importantes para a indústria e explique por que.
4. Represente a fórmula de Fischer e Hawort para a molécula da glucose.
5. De acordo com as ligações glicosídicas feitas entre a molécula do amido e da celulose, explique por que o amido é ramificado e a celulose não.
6. De forma geral, explique o que é o processo de fermentação.
7. Diferencie fermentação alcoólica de fermentação láctea.
8. Relacione a primeira coluna à segunda.
  1. Carboidratos
  2. Monossacarídeos
  3. Polissacarídeos
  4. Oligossacarídeos

5. Aldose

6. Cetose

7. Ligação glicosídica

( ) tem o grupamento aldeídico

( ) chamados açúcares

( ) macromoléculas

( ) pequeno aglomerado de monossacarídeos

( ) duas unidades de monossacarídeos

( ) tem o grupo cetônico

( ) monômeros de um carboidrato

( ) união entre dois monossacarídeos

# Aula 6 – Lipídeos

## Objetivos da aula

Descrever a estrutura química de um triglicerídeo.

Diferenciar a gordura dos óleos.

Descrever o que é um sabão e como funciona seu mecanismo de ação, bem como diferenciá-lo dos detergentes.

Citar a relação entre gordura, colesterol e doenças cardiovasculares.

Definir o que é HDL e LDL e como agem no corpo humano.

## 6.1 Lipídios

Os lipídios são moléculas orgânicas com funções diversas e fundamentais nos seres vivos. Ao contrário das proteínas e dos carboidratos, não existe nenhum padrão para formação de moléculas lipídicas, eles são formados por diferentes tipos de moléculas. A principal propriedade característica dos lipídios é de serem compostos apolares, e, por isso, não podem se dissolver em água.

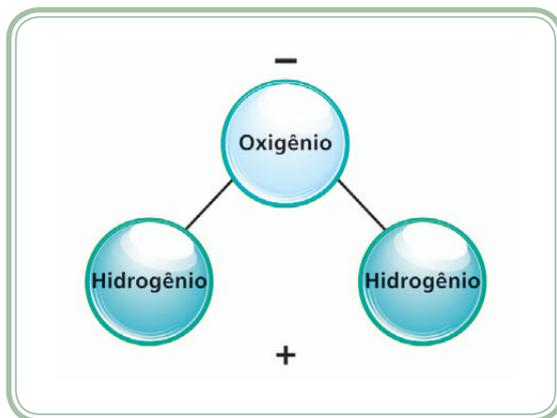
Os lipídios têm função diversa no organismo, entre elas podemos citar o de reserva energética, formação das membranas celulares, vitaminas, hormônios etc.

Na natureza, os lipídios também estão distribuídos em grande escala e podem ser extraídos de animais e plantas para diversos fins, como produtos alimentícios – óleos de cozinha, margarina, manteiga, maionese – e outros produtos – sabões, resinas, cosméticos, lubrificantes. Atualmente, eles também vêm sendo utilizados na composição de biocombustíveis, são extraídos de plantas e tratados para utilização como combustíveis alternativos.



## Moléculas polares e apolares

Toda molécula polar possui em sua molécula cargas elétricas livres, como é o caso da água:



Nesse caso, as moléculas de hidrogênio possuem carga positiva e o oxigênio possui carga negativa. Essas características associadas ao seu tamanho e peso molecular tornaram a molécula da água a mais importante para existência de vida. Todas as demais moléculas polares possuem a mesma característica de cargas e são capazes de se dissolver em água.

No caso das moléculas apolares, elas não possuem nenhum tipo de carga elétrica na molécula, a menos que ela seja carregada por algum agente oxidante ou redutor.

Um caso clássico de moléculas apolares que veremos nesse capítulo são os hidrocarbonetos, moléculas orgânicas formadas, exclusivamente, por carbono e hidrogênio. As moléculas orgânicas podem ser dissolvidas em solventes orgânicos, como gasolina, éter, clorofórmio, entre outros. De forma alguma um solvente orgânico consegue ser dissolvido em água devido à diferença no modo como essas moléculas atuam.

## 6.2 Classificação dos lipídios

Os lipídios são classificados em:

- Lipídios simples - compostos que por hidrólise total dão origem a ácidos graxos e alcoóis. Ex: Glicerídios e ceras.

- Lipídios compostos – contêm outros grupos na molécula, além de ácidos graxos e alcoóis. Por exemplo: fosfatídios (fosfolipídios), cerebrósidos (glicolipídios), sulfolipídios (enxofre).
- Lipídios derivados – são as substâncias obtidas na sua maioria por hidrólise dos lipídios simples e compostos, são eles:
  - alcoóis: glicerol, alcoóis de cadeia reta de alto peso molecular, esteróis;
  - hidrocarbonetos;
  - vitaminas lipossolúveis;
  - pigmentos;
  - compostos nitrogenados entre os quais colina, serina, esfingosina e aminoetanol.

### 6.2.1 Ácidos graxos

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos constituídos por um radical carboxila e uma cadeia de hidrocarbonetos formada por um número variável de carbonos. Em mais de 90% dos ácidos graxos do sangue, eles se apresentam na forma esterificada formando triglicerídeos, ésteres de colesterol e fosfolipídios. Os casos mais predominantes de ácidos graxos encontrados em plantas e animais superiores são de cadeias carbônicas contendo entre 16 e 18 carbonos. Um número menor ou superior a esse não é comum. A maior parte dos ácidos graxos apresenta número par de carbonos, pois na sua síntese eles são formados com associação de unidade de dois carbonos.

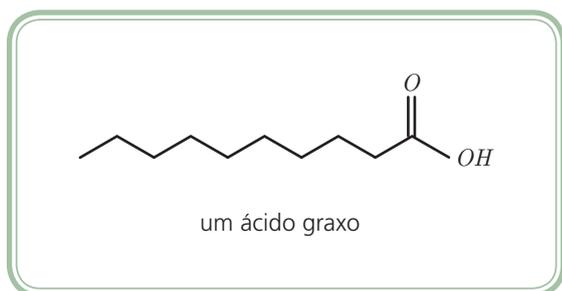


Figura 6.1: Esquema mostrando a estrutura de um ácido graxo

### 6.2.2 Ácidos graxos saturados

Os ácidos graxos saturados são normalmente encontrados na forma sólida (gordura) e em produtos de origem animal, como leite integral, manteiga, creme de leite, chantilly, queijos gordurosos (provolone, parmesão, mussarela), banha, bacon, sebo, toucinho, gordura das carnes, pele das aves. A exceção é feita para a gordura do coco, que é rica em ácidos graxos saturados, apesar de ser um alimento de origem vegetal.

O consumo de alimentos contendo ácidos graxos saturados, além da quantidade recomendada, é prejudicial, uma vez que contribui para o aumento das taxas de colesterol no sangue.

### 6.2.3 Ácidos graxos insaturados

Os ácidos graxos insaturados são normalmente encontrados na forma líquida (óleo) e em produtos de origem vegetal, exceto para os óleos de peixe, que também são ricos em ácidos graxos insaturados, apesar de serem produtos de origem animal. Contêm uma ou mais ligações duplas na cadeia. Quando os hidrogênios se encontram no mesmo lado do plano, são chamados de cis, se estão em lados opostos, de trans. Os ácidos graxos trans estão presentes em produtos industrializados, como na margarina e na gordura vegetal hidrogenada. Em excesso, os ácidos graxos trans são tão ou mais prejudiciais que os ácidos graxos saturados, no que diz respeito à elevação dos níveis de colesterol sanguíneos, aumentam o risco de doenças cardiovasculares, pois elevam a quantidade de LDL, conhecido como colesterol ruim.

Quando o ácido graxo possui uma única dupla ligação, é conhecido como monoinsaturado, se contém duas ou mais ligações duplas, é denominado poliinsaturado. Os monoinsaturados estão presentes em maior quantidade no azeite de oliva e nos óleos de canola e de amendoim. Já os poliinsaturados são encontrados em óleos vegetais (girassol, milho, soja, algodão), óleos de peixe e em oleaginosas (castanha, amêndoa).

O consumo moderado de alimentos fontes de ácidos graxos insaturados está relacionado com a diminuição dos níveis de colesterol circulantes e, consequentemente, ao menor risco para o aparecimento de doenças cardiovasculares.

Os esquemas das estruturas das gorduras saturadas e insaturadas estão representados na Figura 2. Observe que as gorduras saturadas só possuem ligações simples, sendo uma cadeia de hidrocarboneto saturada. A formação de gorduras insaturadas se dá pela formação de ligações duplas na cadeia de carbonos. Nesse caso, as insaturadas na forma cis são até saudáveis, entretanto, as saturadas ou insaturadas trans (Figura 3) podem ser muito prejudiciais.

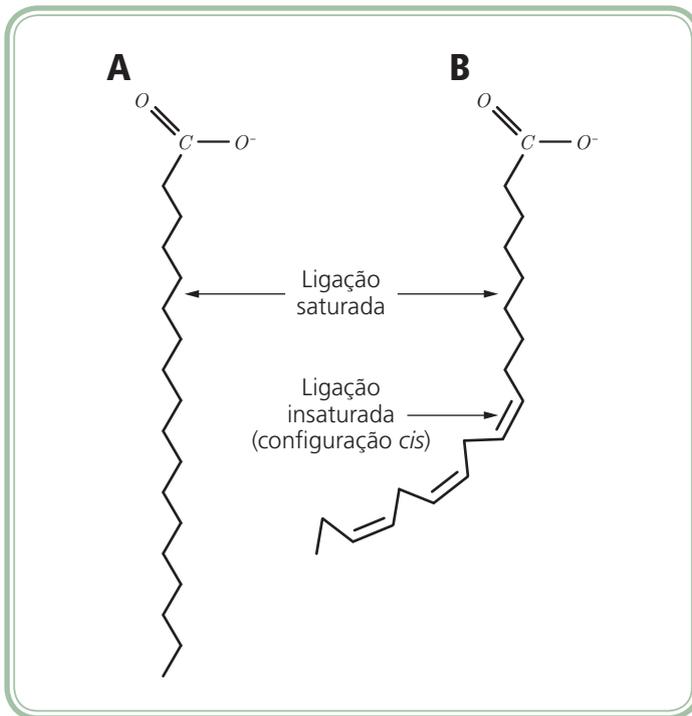


Figura 6.2: Esquema da estrutura de uma gordura saturada; B - estrutura de uma gordura insaturada na forma cis

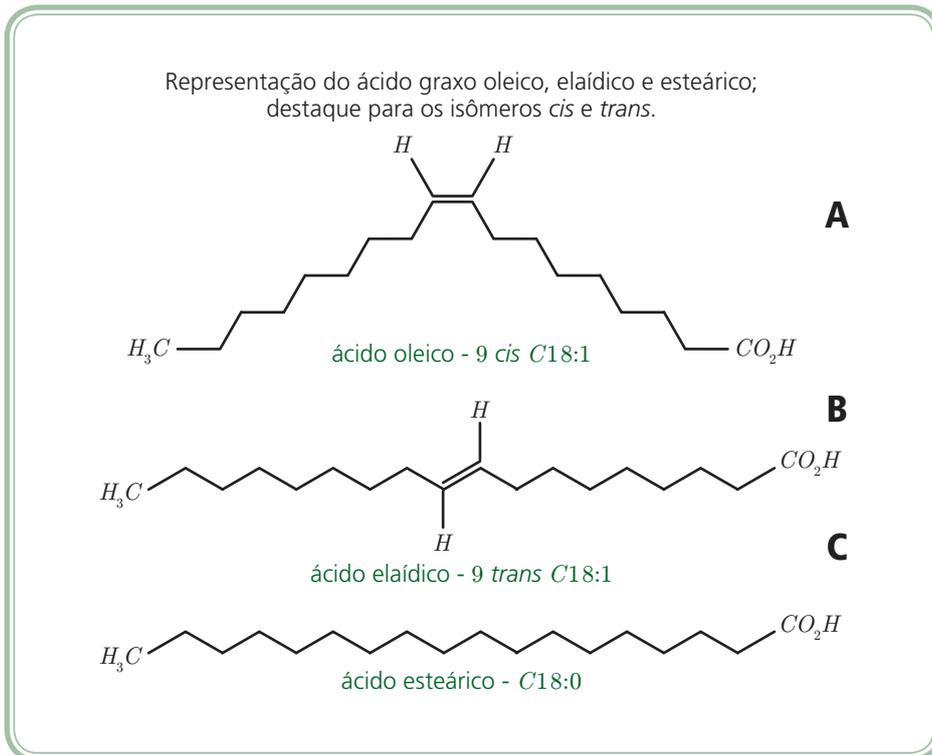


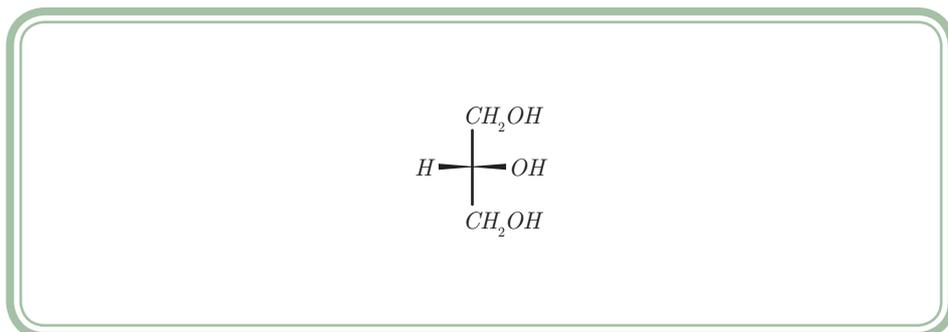
Figura 6.3: Representação de três importantes ácidos graxos. Em A), um ácido graxo insaturado com seus hidrogênios voltados para o mesmo lado da molécula, ou seja, na configuração *cis*; em B, também um ácido insaturado, porém, na configuração *trans*; em C, estrutura de um ácido graxo saturado

## 6.2.4 Ácidos graxos essenciais

Ácidos graxos essenciais são poliinsaturados não sintetizados pelas células do organismo animal, portanto, devem ser adquiridos através da alimentação. Existem dois ácidos graxos essenciais, são eles: ômega-3 (ácido linolênico) e ômega-6 (ácido linoleico). O ácido graxo ômega-3 é encontrado principalmente nos peixes e óleos vegetais. Por outro lado, as melhores fontes alimentares de ácido graxo ômega-6 e 3 são os óleos vegetais (girassol, milho, soja, algodão, linhaça, canola).

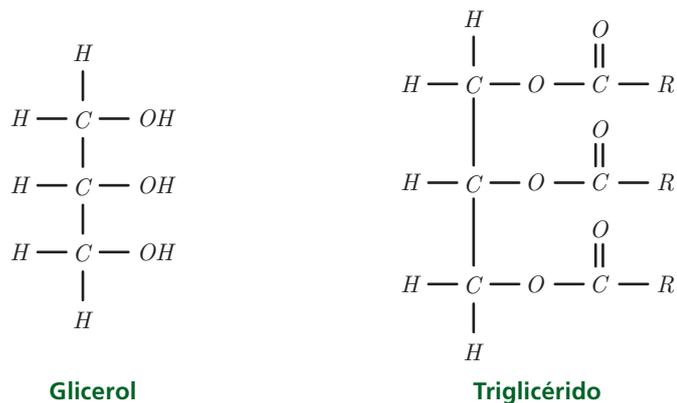
## 6.2.5 Triglicerídeos

Os triacilgliceróis são formados pela esterificação da carboxila do ácido graxo com a hidroxila do glicerol. Observe que o glicerol é uma molécula polar com três hidroxilas, essas hidroxilas serão esterificadas formando ligações com cadeias de hidrocarbonetos. Dessa forma, a parte polar de um lipídio é muito pequena em relação ao tamanho de sua molécula, no caso dos triglicerídeos, são três cadeias hidrocarbonadas com caráter apolar, por isso, os lipídios são tão pouco solúveis em água e possuem afinidade tão grande por solventes orgânicos.

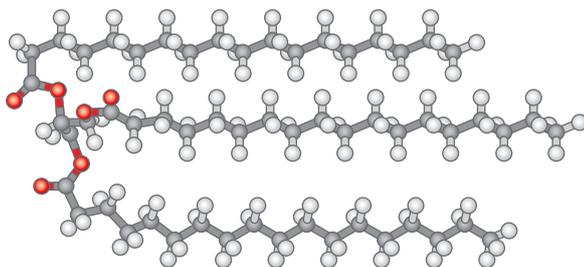


**Figura 6.4: Estrutura molecular do glicerol, o principal álcool formador dos lipídios**

Os triglicerídeos (Figura 5) são os lipídios responsáveis por armazenar energia nos seres vivos, não estão presentes em membranas, mas são encontrados em células adiposas. As gorduras são um eficiente meio de armazenamento de energia porque são menos oxidadas do que carboidratos e proteínas, fornecendo uma quantidade muito maior de energia que as demais moléculas biológicas. Além disso, elas são insolúveis em água e por esse motivo não precisam se dissolver em água para serem armazenadas nas células, onde são armazenadas na forma anidra. Carboidratos e proteínas ao serem armazenados ocupam um peso de quase o dobro da sua molécula.



**Figura 6.5:** Cada grupo hidroxila do glicerol é esterificado e recebe uma cadeia carbônica de hidrocarboneto



**Figura 6.6:** Esquema tridimensional de um triglicerídeo, mostrando em vermelho os átomos de oxigênio, em cinza, átomos de carbono e em branco, átomos de hidrogênio

Um ser humano comum pode sobreviver três meses sem alimento, com um percentual de 21 a 26 % de gordura no corpo, essa gordura pode ceder energia ao corpo por todo esse tempo, e só depois é que as proteínas serão oxidadas para obtenção de energia, lembrando que os carboidratos são gastos como energia imediata. Dessa forma, são os primeiros a serem degradados para obtenção de energia.



## Biocombustíveis

São fontes de energia renováveis produzidas a partir da cana-de-açúcar, plantas oleaginosas, biomassa florestal e resíduos agropecuários. Os biocombustíveis são fontes alternativas mais baratas e eficientes no combate ao efeito estufa. A alternativa mais correta é substituir os combustíveis fósseis por biocombustíveis. Atualmente, óleos vegetais têm sido utilizados na produção de combustíveis.

O óleo vegetal é uma gordura obtida através das plantas, predominantemente, das sementes. Os óleos vegetais são usados como óleo de cozinha, como lubrificante, na fabricação de produtos, na pintura e como combustível. Os óleos vegetais são insolúveis em água, porém são solúveis em solventes orgânicos apolares.

Em relação ao fato de ser uma fonte de energia e por ser renovável, o óleo vegetal apresenta enormes vantagens nos aspectos ambientais, sociais e econômicos, podendo ser considerado como um importante fator de viabilização do desenvolvimento sustentável, sem agressões ao meio ambiente.

O Brasil possui uma enorme diversidade de espécies vegetais oleaginosas das quais se podem extrair uma grande quantidade de óleos. Experiências comprovam a viabilidade tanto técnica como ambiental do uso do óleo vegetal, puro ou misturado com óleo diesel, nos motores de automóveis.

Em relação ao lado técnico, os motores que trabalham alimentados a óleo vegetal funcionam normalmente, com um pequeno aumento de consumo de combustível, e em função do aspecto ambiental ocorre uma diminuição significativa da emissão de poluentes.

Outro biocombustível que vem ganhando muito interesse por parte do governo é o biodiesel. O biodiesel é um combustível biodegradável produzido a partir de fontes renováveis em diversos processos de fabricação, como o craqueamento. Nesse processo há uma quebra das moléculas de oxigênio usando altas temperaturas, a esterificação, que é a reação química entre um ácido carboxílico e um álcool que produzem éter e água, ou a transesterificação, que consiste numa reação química dos óleos vegetais ou gorduras animais, com o etanol ou metanol, sendo esse o mais usado.

Foi criado com a finalidade de substituir o diesel a fim de diminuir a quantidade de poluentes liberados na atmosfera. Além disso, o biodiesel é um ótimo lubrificante, aumenta a qualidade do motor, possui baixo risco de explosão, não libera resíduos no motor, aceita misturas com o diesel, absorve menor quantidade de oxigênio, é constituído por carbono neutro capturado pelas plantas, é econômico e gera empregos nas áreas rurais e urbanas.

As fontes usadas para originar o biodiesel são: gorduras animais, óleos vegetais de mamona, dendê, girassol, babaçu, amendoim, pinhão, soja, canola e outros.

(Extraído e adaptado do *site* Brasil escola: [www.brasilecola.com](http://www.brasilecola.com))

1. Faça uma pesquisa mostrando onde podemos encontrar os lipídeos no nosso dia a dia e onde eles são aplicados na indústria.
2. Desenvolva um resumo com os conteúdos aprendidos até esse ponto da nossa aula, se possível faça pesquisas para enriquecer seu conhecimento.



### 6.3 Lipídios com funções biológicas

Além dos já comentados colesterol e triglicerídeos, os fosfolipídios, esfingolipídios e esteroides são muito comuns no nosso organismo. Os triglicerídeos são os lipídios que no sangue formam o colesterol. Dependendo do tipo de triglicerídeo, será formado um tipo de colesterol, o bom ou o mal.

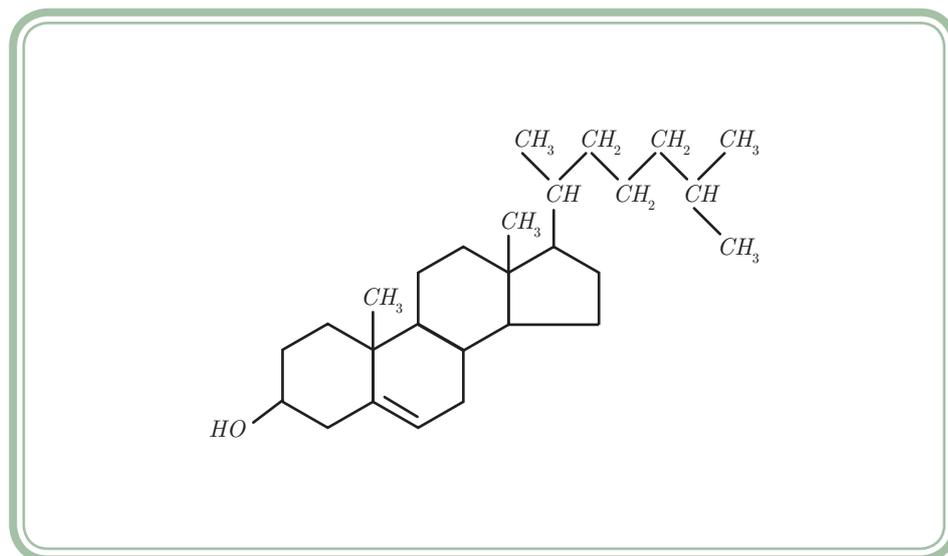
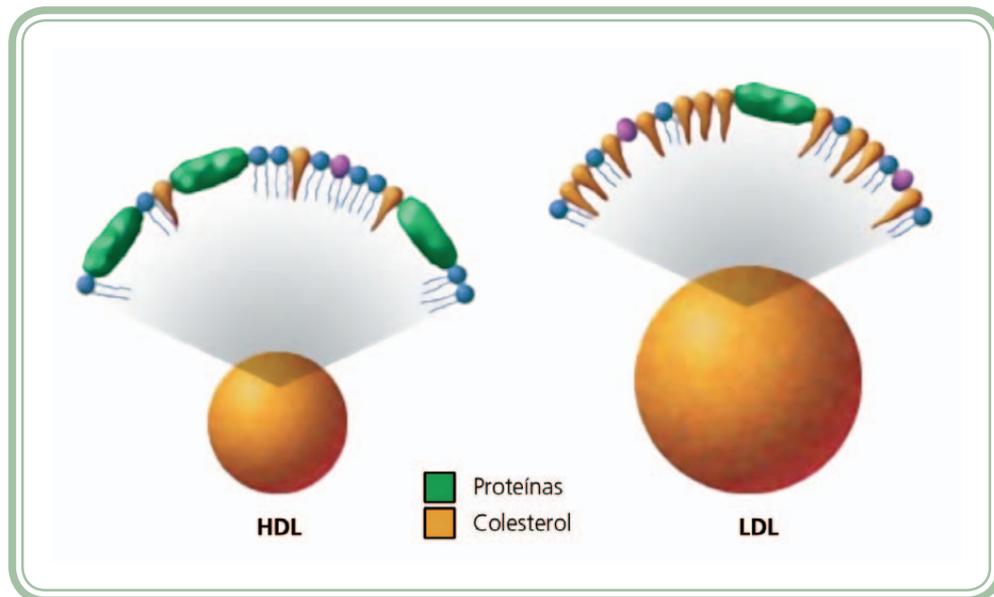


Figura 6.7: Estrutura molecular do colesterol

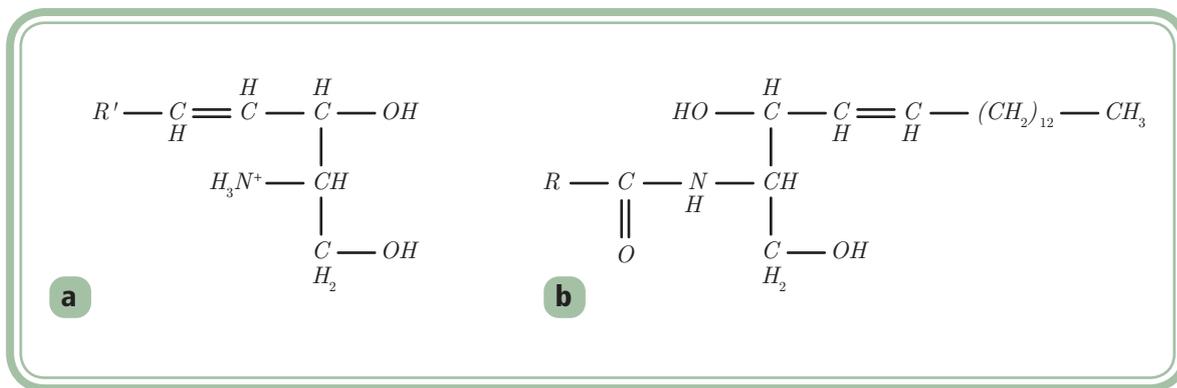
O colesterol é dividido em bom e mau em função da maneira como ele é carregado no sangue. O bom colesterol, ou HDL (High Density Lipoprotein), é carregado por uma lipoproteína de alta densidade que é facilmente carregada na corrente sanguínea. O LDL (Low Density Lipoprotein), ou mau colesterol, é carregado por uma lipoproteína de baixa densidade e pode encontrar problemas no seu transporte na corrente sanguínea, podendo se depositar no interior dos vasos, causando arteriosclerose e outras doenças cardiovasculares.



**Figura 6.8: Esquema mostrando a quantidade proporcional de proteínas e lipídios presentes tanto no LDL (mau colesterol) quanto no HDL (bom colesterol)**

Note na figura 8 que por menos denso, apresentando menos proteínas e muito mais lipídeo, o LDL pode trazer complicações quando presente na corrente sanguínea.

Esfingolipídios e fosfolipídios são componentes de membrana plasmática, são os responsáveis pela bicamada lipídica das membranas, sendo em maior proporção os fosfolipídios, lipídios que possuem grupamentos fosfato em sua estrutura. Os esfingolipídios são derivados do álcool esfingosina, que é um aminoálcool de cadeia longa, quando um ácido graxo se liga ao grupamento amida da esfingosina, ele forma a ceramida, que é a molécula precursora de glicolipídios.



**Figura 6.9: Estruturas moleculares da esfingosina: em A), um importante álcool formador de lipídios constituintes das membranas celulares; em B), seu derivado, a ceramida, molécula que é um intermediário da esfingosina para formação de esfingolipídios**

O colesterol também é um importante componente de membranas biológicas, a sua presença determina a rigidez da membrana. Dessa forma, quanto mais colesterol, mais rígida será a membrana. Além disso, ele também é formador de vitamina D no nosso organismo e de hormônios esteroides, que também são importantes lipídios responsáveis por funções diversas no organismo.

## Doenças cardiovasculares



Entre várias doenças cardiovasculares, encontramos como principais a hipertensão arterial, o infarto do miocárdio, o acidente vascular cerebral (AVC) e a aterosclerose. Desde os anos de 1930, o número de mortes devido a essas doenças já triplicou, podendo estar associado a um estilo de vida mais sedentário e à má alimentação. A gordura no sangue é o principal responsável por essas doenças.

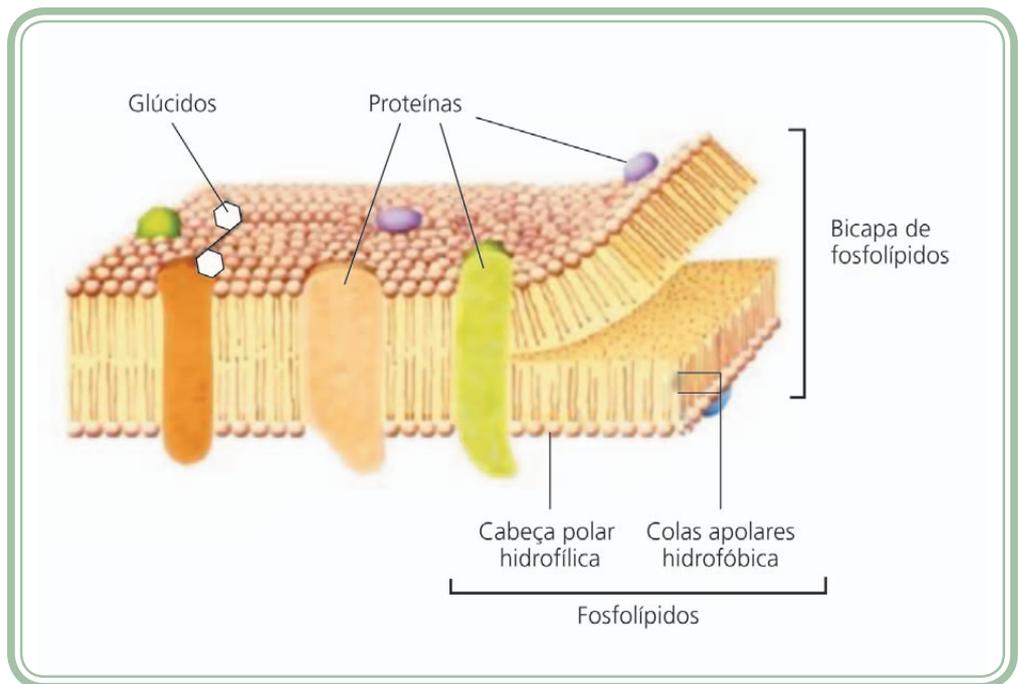
De todas as doenças cardiovasculares a hipertensão é a que mais afeta a população, chegando a 25% da população adulta, com mais de 20 anos. Além disso, 85% dos pacientes com AVC e 50% dos pacientes com infarto apresentam quadro de hipertensão arterial.

O entupimento das veias pelo acúmulo de gordura é o responsável por todas essas doenças. Vasos obstruídos por gordura aumentam a pressão arterial tornando-se um quadro clínico, o entupimento das veias que irrigam o coração também é muito frequente podendo causar infarto em caso de obstrução. A elevação da pressão pode fazer com que os vasos do cérebro não suportem a força da corrente sanguínea e se rompam, causando o AVC. Da mesma forma, a obstrução dos vasos de qualquer parte do corpo dificulta a irrigação de áreas do corpo, podendo levar a um quadro de aterosclerose.

No Brasil, as doenças cardiovasculares são causa primordial de óbito. Estima-se que entre 1.000.000 (um milhão) de mortes, 300.000 (trezentos mil) sejam de doenças cardiovasculares, representando 30% do total de mortes no país.

Além disso, vale lembrar que os mais afetados por esse tipo de doença são pessoas com mais de 50 anos, o que é mais um risco para o Brasil, que vem aumentando sua expectativa de vida. Ou seja, a média de idade da população brasileira está aumentando e o número de pessoas com mais de 50 anos na sociedade brasileira é cada vez maior, o que é um alerta para que as estatísticas dessas doenças não acompanhem o crescimento da população de risco.

As doenças cardiovasculares não são transmissíveis, tampouco podem ser prevenidas com vacinas. Nesse caso, a prevenção depende apenas de cada indivíduo, com uma alimentação saudável e exercícios físicos regulares. Isso possibilita que a população jovem diminua os índices de óbito e até mesmo de incidência desse tipo de doença na nossa sociedade.



**Figura 6.10: Esquema mostrando a formação e constituição da membrana plasmática**

Observe a presença em grande quantidade de lipídios, incluindo, esfingolipídios, fosfolipídios e colesterol, bem como de proteínas e carboidratos em menor quantidade.

Os hormônios esteroides têm a propriedade de poder atravessar a membrana, já que são lipossolúveis, se ligando a receptores dentro da célula para desempenhar sua função. Exemplos clássicos de hormônios esteroides são os hormônios sexuais, fabricados pelas gônadas sexuais, ou seja, pelo ovário e testículo.

## 6.4 Óleos e gorduras

Comercialmente, existe um grande interesse na fabricação de óleos e gorduras, sobretudo, nas indústrias alimentícia e de cosméticos. Na verdade, ambos são lipídios e genericamente chamados de gorduras, as gorduras podem ser extraídas tanto de animais quanto de vegetais. Exemplos de gorduras animais são manteiga do leite de vaca, banha de porco e sebo de carne de boi e de porco. As gorduras de origem vegetal são mais frequentemente chamadas de óleos e podem ser obtidos do fruto e da semente. Exemplos de óleos são o óleo de milho, de oliva, de amendoim e de açafrão, geralmente, usados em saladas ou frituras.

A principal diferença entre as gorduras e os óleos é que as gorduras são sólidas em temperatura ambiente, sendo composta, na maioria das vezes, por ácidos graxos de cadeia saturada, contendo poucas ligações duplas e extraído quase sempre de animais. Os óleos são líquidos em temperatura ambiente, isso porque possuem muitas duplas ligações na cadeia de ácido graxo, sendo o ácido graxo insaturado e quase sempre extraído de plantas.

## 6.5 Sabões e detergentes

Lipídios em presença de uma base forte reagem formando um sabão, que na verdade é a formação de sais a partir de um ácido graxo de cadeia longa. Os sabões, por serem sais, possuem uma cabeça da molécula polar e outra apolar, isso significa que uma extremidade da molécula pode se ligar a gorduras e outra extremidade pode se ligar a água. Isso é importante na fabricação de produtos de limpeza. Esse processo é antigo e já possui no mínimo 2000 anos.

Para fazer seu próprio sabão, basta misturar num recipiente bicarbonato de sódio, água e um óleo vegetal, sob aquecimento constante.

Os sabões e os detergentes pertencem ao mesmo grupo de substâncias químico, os tensoativos, isto é, eles são produtos redutores de tensão superficial de líquidos. Quando são diluídos com água e são submetidos à agitação formam espuma em abundância, por isso ambos são utilizados para limpeza, além de apresentarem estruturas moleculares semelhantes são capazes de formar sais porque possuem pelo menos um ponto de polaridade na molécula.



**Desenvolva um parágrafo conclusivo em seu caderno do que você assimilou do conteúdo.**

Observe que a abrangência dos lipídios vai muito além do que imaginávamos. Estamos acostumados a lembrar dos lipídios como gorduras prejudiciais a saúde, no entanto, eles estão em mais aplicações biológicas e industriais.

## Resumo

Nesta aula, vimos que os lipídeos são polímeros apolares formados por monômeros de ácidos graxos. Eles apresentam importante função biológica, mas também são utilizados na indústria, principalmente, como óleos e gorduras e como sabões e detergentes. Outro grupo de biomoléculas de importância fundamental são as vitaminas, que será assunto para nossa próxima aula.

## Atividades de aprendizagem

1. Descreva a estrutura química de um triglicerídeo.
2. Quais as diferenças de uma gordura para um óleo, tanto do ponto de vista química quanto na parte de suas propriedades?
3. Descreva como funciona o mecanismo de ação de um sabão.

4. O que é um sabão e qual sua utilidade?
5. Qual a principal diferença entre sabão e detergente?
6. Descreva a estrutura de uma membrana celular.
7. Qual a relação entre gordura, colesterol e doenças cardiovasculares?
8. Defina o que são HDL e LDL e como agem no corpo humano.



# Aula 7 – Vitaminas

## Objetivos da aula

Definir o que são vitaminas e como elas agem.

Diferenciar vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis.

Comentar porque pequenas quantidades de vitaminas são suficientes ao corpo.

Citar as vitaminas e as doenças causadas pela sua carência.

Definir O que são coenzimas e qual sua função biológica.

## 7.1 Vitaminas

As vitaminas são micronutrientes necessários ao organismo. Geralmente não podem ser produzidas pelo nosso organismo, portanto devem estar presentes diariamente em nossa alimentação. A grande maioria das vitaminas conhecidas são parte de coenzimas ou de grupos prostéticos de importantes enzimas.

Lembrando que as coenzimas tem função de ativar a forma catalítica de uma enzima, sem sua coenzima uma enzima permanece inativa.

As vitaminas são divididas em dois grupos: as lipossolúveis (A, D, K e E) e as hidrossolúveis (Vit. C, vit.do complexo B, niacina). A diferença entre as duas é que as vitaminas lipossolúveis necessitam do auxílio das gorduras para serem absorvidas. As hidrossolúveis são solúveis em água.

### 7.1.1 Vitaminas lipossolúveis

São moléculas que possuem afinidade pela água por serem polares.

#### 7.1.1.1 Vitamina A ou ácido retinoico ou retinal ou retinol

Atua sobre a pele, a retina dos olhos e as mucosas; aumenta a resistência aos agentes infecciosos e antioxidante.

**Carência:** problemas de pele; atraso no crescimento; perda de peso; problemas de visão. Sua carência provoca xerofthalmia ou cegueira noturna.

**Fontes:** manteiga, leite, gema de ovo, fígado, espinafre, chicória, tomate, mamão, batata, cará, abóbora.

### **7.1.1.2 Vitamina D ou calciferol**

Fixa o cálcio e o fósforo em dentes e ossos e é muito importante para crianças, gestantes e mães que amamentam.

**Carência:** raquitismo; cáries; descalcificação.

**Fontes:** óleo de fígado de peixes, leite, manteiga, gema de ovo, castanhas.

### **7.1.1.3 Vitamina E ou tocoferol**

Antioxidante e, por isso, tem sido alvo de muitas pesquisas no tratamento contra o diabetes, uma vez que sendo antioxidante reduz os radicais livres e diminui a inflamação; favorece o metabolismo muscular e auxilia a fertilidade.

**Carência:** Kwashiorkor (desnutrição grave com edema e despigmentação da pele e cabelo), distrofia muscular em coelhos, esterilidade em ratos e anemia em outros.

**Fonte:** germe de trigo, nozes, carnes, amendoim, óleo, gema de ovo, leite e derivados.

### **7.1.1.4 Vitamina K ou filoquinona**

Essencial para que o organismo produza protrombina, uma substância indispensável para a coagulação do sangue.

**Carência:** aumento no tempo de coagulação do sangue; hemorragia.

**Fonte:** fígado, verduras (alface, couve, espinafre, agrião etc.), ovo.

## **7.1.2 Vitaminas hidrossolúveis**

São moléculas que não possuem afinidade pela água por serem apolares.

### **7.2.1.1 Vitamina B1 ou tiamina**

Auxilia no metabolismo dos carboidratos; favorece a absorção de oxigênio pelo cérebro; equilibra o sistema nervoso e assegura o crescimento normal.

**Carência:** perda de peso; inflamação dos nervos; fraqueza muscular; distúrbios cardiovasculares, beribéri, hemorragias digestivas, cianose entre outros.

**Fontes:** carne de porco, cereais integrais, nozes, lentilha, soja, gema de ovos.

### **7.2.1.2 Vitamina B2 ou riboflavina**

Conserva os tecidos, principalmente os do globo ocular. Convertida em coenzimas flavina adenina difosfato(FAD) e flavina adenina monofosfato (FMN), importante como transportador de elétrons na respiração celular.

**Carência:** dermatite seborreica; lesões nas mucosas, principalmente, nos lábios e narinas; fotofobia.

**Fontes:** fígado, rim, lêvedo de cerveja, espinafre, berinjela.

### **7.2.1.3 Vitamina B6 ou piridoxina**

Atua no metabolismo dos aminoácidos

**Carência:** dermatite; inflamação da pele e das mucosas.

**Fontes:** carnes de boi e porco, fígado, cereais integrais, batata, banana.

### **7.2.1.4 Vitamina B12 ou cobalamina**

A mais complexa vitamina em termo de estrutura. Colabora na formação dos glóbulos vermelhos e na síntese do ácido nucleico.

**Carência:** anemia perniciosa; irritabilidade; distúrbios gástricos; depressão nervosa, entorpecimento e rigidez das extremidades causadas por lesões nos nervos, confusão e perda de memória, fraqueza muscular.

**Fontes:** fígado e rim de boi, ostra, ovo, peixe, aveia.

### **7.2.1.5 Vitamina C ou ácido ascórbico**

Conserva os vasos sanguíneos e os tecidos, ajuda na absorção do ferro; aumenta a resistência a infecções; favorece a cicatrização e o crescimento normal dos ossos; antioxidante.

**Carência:** escorbuto; problemas nas gengivas e na pele.

**Fontes:** limão, laranja, abacaxi, mamão, goiaba, caju, alface, agrião, tomate, cenoura, pimentão, nabo, espinafre.

### 7.2.1.6 Ácido fólico ou vitamina Bc

Atua na formação dos glóbulos vermelhos.

**Carência:** anemia megaloblástica; alteração na medula óssea; distúrbios intestinais; lesões nas mucosas.

**Fontes:** carnes, fígado, leguminosas, vegetais de folhas escuras, banana, melão.

### 7.2.1.7 Niacina ou ácido nicotínico ou vitamina B3 ou PP

Possibilita o metabolismo das gorduras e carboidratos por ser convertida na coenzima nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD), que assim como o FAD, transporta elétrons.

**Carência:** pelagra, perda de apetite, vômito, fadiga e perda da memória.

**Fontes:** levedo de cerveja, fígado, rim, coração, ovo, cereais integrais, ostras, sardinhas e outros peixes.

### 7.2.1.8 Ácido pantotênico ou vitamina B5

Auxilia o metabolismo, em geral, na formação de anticorpos.

**Carência:** fadiga; fraqueza muscular; perturbações nervosas; anorexia; diminuição da pressão sanguínea.

**Fontes:** fígado, rim, gema de ovo, carnes, brócolis, grãos integrais, batata.

### 7.2.1.9 Ácido para-minobenzoico ou vitamina B10 ou Bx ou PABA

Estimula o crescimento dos cabelos.

**Carência:** irritabilidade, falta de memória e apatia.

**Fontes:** carnes, fígado, leguminosas, vegetais de folhas escuras.



Pesquise sobre como funciona a produção de vitamina K no trato intestinal humano.

A função nutricional das vitaminas é fundamental na dieta dos seres vivos. Os seres humanos precisam fabricar algumas delas através do alimento, caso isso não aconteça, a falta de vitaminas pode ocasionar doenças graves, algumas podendo ser fatais em caso de falta de tratamento. Complementos e suplementos alimentares a base de vitaminas ganha mercado a cada dia principalmente pela busca das pessoas por uma melhor qualidade de vida.

## Resumo

Assim como todas as moléculas orgânicas, as vitaminas são de grande importância para o organismo vivo. Entretanto possuem grande importância industrial, no caso das vitaminas a indústria farmacêutica. As vitaminas são divididas em lipossolúveis e hidrossolúveis que possuem uma série de funções no organismo e sua falta pode trazer defeitos funcionais graves chamadas de avitaminoses.

## Atividades de aprendizagem

1. Quais as vitaminas lipossolúveis e qual a doença causada por sua carência?
2. Quais as vitaminas hidrossolúveis e quais as doenças causadas por cada uma delas?
3. O que são coenzimas e qual sua função biológica?
4. Defina o que são vitaminas e como elas agem.
5. Por que apenas pequenas quantidades de vitaminas são necessárias ao organismo?
6. As vitaminas são divididas em dois grupos, hidrossolúveis e lipossolúveis, qual delas você precisa se alimentar em maior quantidade?

## Referências

BERG, Jeremy M.; TYMOCZKO, John L.; STRYER, Lubert. **Bioquímica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

CHAMPE, Pamela C. et al. **Bioquímica ilustrada**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

LEHNINGER, Albert L.; NELSON, David L.; COX, Michael M. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006.

CHAMPE, Pamela C.; HARVEY, Richard A.; FERRIER, Denise R. **Bioquímica ilustrada**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VOET, Donald; VOET, Judith G. **Bioquímica**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

LEHNINGER, Albert L.; NELSON, David L.; COX, Michael M. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1202 p. ISBN 8573781661 (enc.).

BERG, Jeremy M.; TYMOCZKO, John L.; STRYER, Lubert. **Bioquímica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 1059 p. ISBN 8527708728 (enc.)

CHAMPE, Pamela C.; HARVEY, Richard A.; FERRIER, Denise R. **Bioquímica ilustrada**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 519 p. (Biblioteca Artmed) ISBN 9788536317137 (broch.).

VOET, Donald; VOET, Judith G. **Bioquímica**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. xv, 1596 p. + 1 CD-ROM ISBN 9788536306803 (enc.).

CHAMPE, Pamela C.; HARVEY, Richard A.; FERRIER, Denise R. **Bioquímica ilustrada**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VOET, Donald; VOET, Judith G. **Bioquímica**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

## **Currículo do professor-autor**

### **Sandro Nascimento Silva**

Formado em licenciatura em ciências biológicas pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com mestrado em Bioquímica e Fisiologia pelo Departamento de Bioquímica e Fisiologia da UFPE. Desenvolve pesquisa científica no laboratório de glicoproteínas do Departamento de Bioquímica e Fisiologia da UFPE desde 2004.

Atualmente é Doutorando em Bioquímica e Fisiologia, também pelo departamento de Bioquímica e Fisiologia da UFPE.

snascimento-@hotmail.com

### **Carlos Roberto Rosa e Silva**

Possui graduação em BIOMEDICINA pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – 1976, especialização em Bioquímica pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – 1995 e mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará (UFCE) – 2003 . Atualmente é Docente da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Atuando principalmente nos seguintes temas: água de coco, Processo hot fill, Análise sensorial.





**e-Tec Brasil**  
*Escola Técnica Aberta do Brasil*

ISBN 978-85-7946-021-0



9 788579 460210