

**Biologia Molecular: Proteínas****CONCEITOS INICIAIS**

As proteínas estão entre as mais abundantes moléculas orgânicas. Na maioria dos organismos vivos, as proteínas perfazem **50% ou mais do peso seco**. Apenas as plantas, com o seu alto conteúdo de celulose, têm menos do que 50% de proteína. As proteínas desempenham uma incrível diversidade de funções nos sistemas vivos. Em sua estrutura, contudo, as proteínas seguem sempre o mesmo esquema: todas são polímeros de moléculas contendo nitrogênio, conhecidas como aminoácidos, arranjadas em uma sequência linear. **Algo em torno de 20 diferentes aminoácidos são usados pelos sistemas vivos para formar proteínas.** As moléculas de proteína são largas e complexas, frequentemente contendo centenas de monômeros de aminoácidos. Assim, o número possível de diferentes sequências de aminoácidos e, portanto, a variedade possível de moléculas proteicas são enormes – aproximadamente, tão grande quanto o número de diferentes sentenças que podem ser escritas com as letras do nosso alfabeto. Os organismos, portanto, sintetizam apenas uma pequena fração das proteínas que são teoricamente possíveis. Uma única célula da bactéria *Escherichia coli*, por exemplo, contém 600 a 800 diferentes tipos de proteínas em um dado momento, enquanto uma célula vegetal ou animal tem várias vezes aquele número. Um organismo complexo tem, pelo menos, vários milhares de diferentes tipos de proteínas, cada uma com uma função especial e cada uma, por sua natureza química única, especificamente ajustada para aquela função. Nas plantas, a maior concentração de proteínas é encontrada em certas sementes, nas quais até 40% do peso seco pode ser proteína.

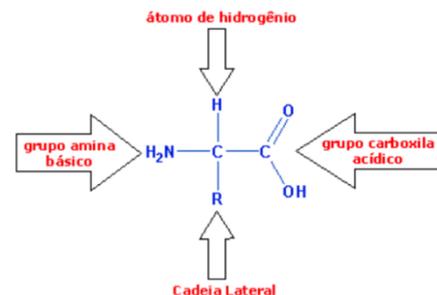
Essas proteínas especializadas funcionam como formas de armazenamento de aminoácidos a serem usados pelo embrião quando iniciam o crescimento após a germinação da semente.

**AMINOÁCIDOS – BLOCOS CONSTITUINTES DAS PROTEÍNAS**

Cada proteína específica é formada por um arranjo preciso de **aminoácidos**. Os aminoácidos têm a mesma estrutura básica, consistindo em um **grupo amina (-NH<sub>2</sub>)**, um **grupo carboxila (-COOH)** e um **átomo de hidrogênio**, todos ligados a um átomo de carbono central. As diferenças surgem do fato de que cada aminoácido tem um **grupo "R"** – um átomo ou grupo de átomos ligados ao átomo de carbono central. É o grupo radical (R) que determina a identidade do aminoácido. Uma grande variedade de aminoácidos é teoricamente possível, mas **apenas vinte diferentes tipos são usados para construção de proteínas**. E são sempre os mesmos vinte, tanto numa célula bacteriana, quanto numa célula vegetal, ou numa célula de seu próprio organismo.

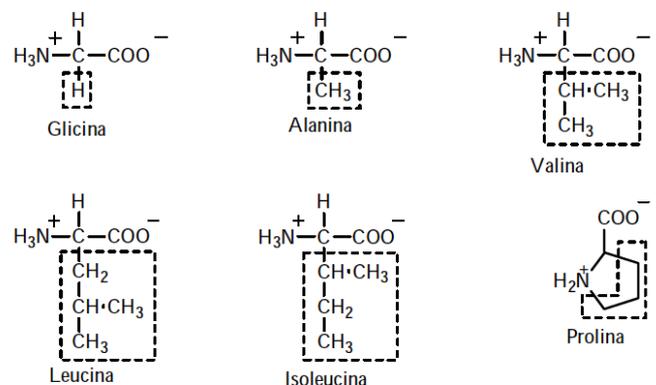
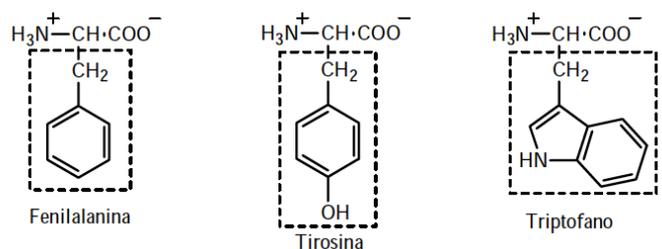
O radical R pode variar muito, quanto ao número de carbonos, grupos funcionais presentes, grau de saturação,

etc. Dos aminoácidos isolados de seres vivos, apenas cerca de 20 são componentes naturais de proteínas (os demais são intermediários químicos na célula ou produtos finais do metabolismo). Todos os seres vivos são capazes de sintetizar aminoácidos. Muitas das espécies, entretanto, não são capazes de sintetizar em seu próprio sistema biológico todos os aminoácidos necessários à sua vida.



Observe que o **carbono α é assimétrico**, se apresentando então como um **carbono quiral**. Assim, há as formas D e L dos aminoácidos. Não se sabe ao certo o motivo, mas na natureza, os aminoácidos que compõem os seres vivos são todos L-aminoácidos.

Os **α-aminoácidos** são classificados em classes, com base na natureza das cadeias laterais (grupo R). Os 20 tipos de cadeias laterais dos aminoácidos variam em tamanho, forma, carga, capacidade de formação de pontes de hidrogênio, características hidrofóbicas e reatividade química. Os 20 aminoácidos-padrão são classificados pelos seus grupos R (cadeias laterais):

**Aminoácidos com cadeias laterais não-polares e alifáticas.****Aminoácidos com cadeias laterais aromáticas**



exemplo, uma vez que é capaz de sintetizar no fígado apenas onze dos vinte tipos de aminoácidos.

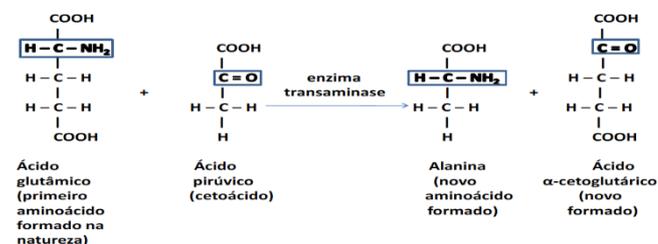
Alguns autores consideram que a **arginina**, apesar de ser sintetizada no organismo humano, é produzida em quantidade insuficiente, tendo que ser obtida, complementarmente, na dieta. Assim, estes autores chamam-na de **semiessencial**.

Esses onze aminoácidos são considerados naturais para a nossa espécie. Os outros nove tipos são os essenciais e devem ser obtidos de quem os produz (plantas ou animais). **É necessário reconhecer que um determinado aminoácido pode ser essencial para uma espécie e ser natural para outra.** No caso específico dos vegetais serem autótrofos, para eles, **todos os aminoácidos são naturais.** Porém, isto não significa dizer que cada vegetal possua todos os aminoácidos essenciais a uma determinada espécie.

Os aminoácidos aparecem inicialmente na natureza pela reação de produtos da fotossíntese, como o **PGAL ou aldeído fosfoglicérico** com a **amônia (-NH<sub>3</sub>)** proveniente do ciclo do nitrogênio. Assim, o primeiro aminoácido a se formar na natureza é o ácido glutâmico.

Nós, animais heterotróficos, somos capazes de sintetizar nossos aminoácidos naturais através do processo de **transaminação**.

Consiste no mecanismo utilizado para a produção dos **aminoácidos naturais**. Assim, no organismo humano, os aminoácidos essenciais obtidos na dieta reagem com cetoácidos para formar os aminoácidos naturais. Esta reação acontece no **fígado**.



**Formação da alanina: um exemplo de transaminação. A reação é catalisada pelas enzimas transaminases.**

A melhor fonte para a obtenção de aminoácidos essenciais está em **proteínas** de origem animal, ditas **integrals (que possuem todos os aminoácidos essenciais)**. Além disso, os animais apresentam um maior teor de proteínas.

O possível problema em apresentar uma dieta exclusivamente vegetariana consiste no fato de que vegetais, por apresentarem alto teor de celulose, têm um **valor quantitativo** de proteínas inferior ao dos animais. Além disso, nos vegetais encontramos as **proteínas parciais (que não apresentam todos os aminoácidos essenciais)**.

Desta forma, o ideal é que toda dieta seja complementada com fontes de origem animal (leite, carne, ovos etc).

Curiosamente, em uma mistura de arroz integral e feijão, o popular **baião-de-dois** nordestino, encontraremos todos os aminoácidos essenciais à dieta humana.

O arroz contém seis aminoácidos: **metionina, triptofano, leucina, fenilalanina, treonina, valina**. Já o feijão possui, em interseção com o arroz: leucina, fenilalanina, treonina, valina; e, em exclusividade, a **lisina** e a **isoleucina**.



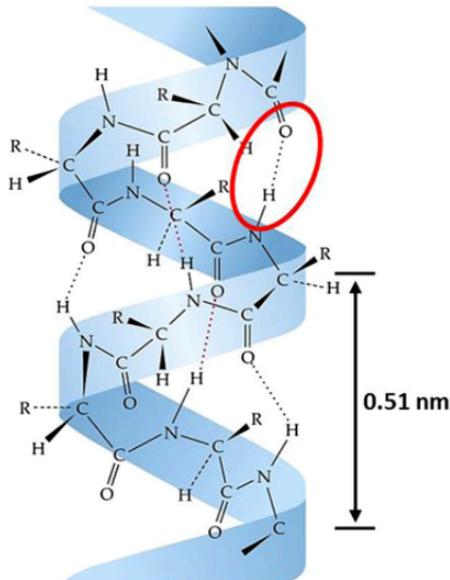
**Distúrbios Nutricionais relacionados às Proteínas**

Uma dieta balanceada ideal é aquela que consta de cerca de 60% de carboidratos, 25% de lipídios e 15% de proteínas. Em crianças, o teor de proteínas deverá ser maior devido às suas necessidades anabólicas e estruturais, neste caso, o leite materno se constitui como um alimento completo. Em algumas regiões do mundo, principalmente nas subdesenvolvidas, em que as pessoas dependem de uma única fonte vegetal para se alimentar, são comuns sintomas de deficiência na ingestão de alimentos proteicos necessários ao pleno desenvolvimento físico e mental, principalmente em crianças. Dentre essas deficiências, destacam-se as doenças infantis: **kwashiorkor** e **marasmo**.

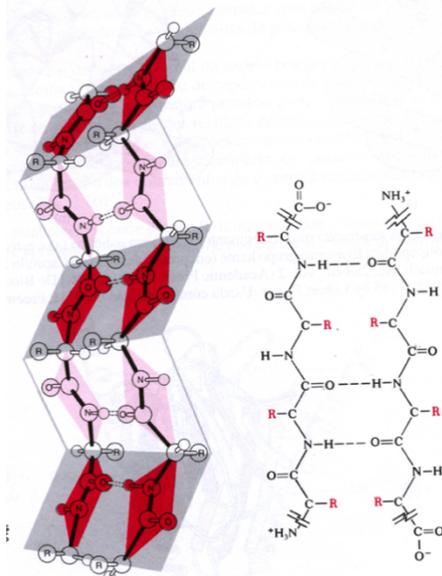
**Kwashiorkor** é uma palavra de origem africana ocidental, que não apresenta uma tradução literal mas que pode-se dizer que se trata de uma **“doença que afeta uma criança quando nasce outra”**.

Em algumas localidades pobres da África e também da América do Sul, como o Brasil, crianças são desmamadas precocemente (geralmente porque a mãe encontra-se novamente grávida) e passam a ser alimentadas com uma dieta rica em carboidratos e pobre em proteínas, em geral, banana batida, pão, biscoitos etc. Neste caso, a criança **não apresenta manifestação de fome**, mas uma deficiência grave de aminoácidos essenciais, comprometendo sua síntese proteica. A consequência será uma diminuição do conteúdo proteico no sangue, resultando em uma diminuição da pressão osmótica sanguínea, favorecendo a passagem de água do sangue para os tecidos, nos quais se acumula, provocando edemas (inchaços) bem visíveis na região abdominal. Fala-se, neste caso, em crianças **mal-nutridas**. Outros sintomas do kwashiorkor seriam retardo do crescimento, cabelos e pele descoloridos, resultantes do déficit proteico.



Estrutura secundária de  $\alpha$ -hélice.

A estrutura de folha  $\beta$ -pregueada resulta da formação de pontes de hidrogênio entre duas ou mais cadeias polipeptídicas adjacentes. As pontes de hidrogênio ocorrem entre os grupos C=O e N-H de ligações peptídicas pertencentes a cadeias polipeptídicas vizinhas em vez de no interior da cadeia. Cada segmento polipeptídico individual é denominado folha  $\beta$ . Diferentemente da  $\alpha$ -hélice compacta, as cadeias polipeptídicas da folha  $\beta$  estão quase inteiramente estendidas.

Estrutura secundária de folha  $\beta$ -pregueada.

## ESTRUTURA TERCIÁRIA

A **estrutura terciária** descreve a conformação específica da cadeia polipeptídica secundária que resulta numa estrutura mais compacta onde os átomos ocupam posições específicas. O **dobramento protéico** é um processo no qual uma molécula não organizada, nascente (recentemente sintetizada) adquire uma estrutura altamente organizada

como consequência de interações entre as cadeias laterais presentes na sua estrutura primária.

Na manutenção da estabilidade da estrutura terciária entram uma série de ligações de natureza covalente e eletrostática, que são exatamente os agentes que promovem o dobramento espacial da cadeia peptídica.

Em algumas proteínas, a dobra ocorre espontaneamente, ou seja, por um processo de automontagem. Outras proteínas conhecidas como **acompanhantes moleculares** (chaperonas) facilitam o processo ao inibir a dobra incorreta. Como ligações covalentes envolvidas na determinação da estrutura terciária temos principalmente as chamadas **pontes ou ligações dissulfeto** (–S–S–), que ocorrem entre os grupos mercaptano ou tiol (–SH) de dois resíduos do aminoácido **cisteína**.

Estas ligações são **fortes e importantes**. A proteína **queratina**, que forma os cabelos, possui uma série de ligações destas determinando sua estrutura. Em cabelos lisos, estas ligações são menos abundantes, estando presentes mais em cabelos crespos (encaracolados). Alguns produtos cosméticos alisantes de cabelos possuem **agentes redutores** que quebram as pontes dissulfeto, promovendo uma mudança na queratina que resulta no alisamento do cabelo.

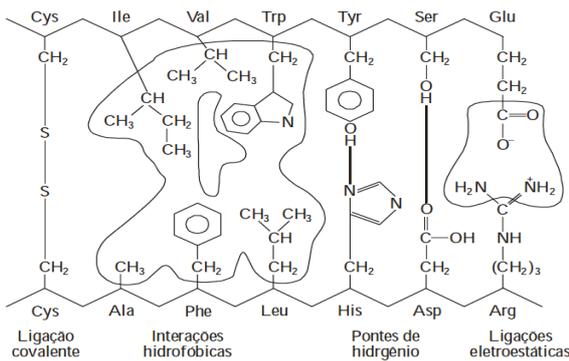
Como ligações de natureza **eletrostática** envolvidas na determinação da estrutura terciária, temos as ligações iônicas, que resultam das forças de atração vindas da ionização de certos átomos. O tipo mais comum é aquela resultante da ionização dos grupos –COOH e –NH<sub>2</sub> sobressalentes de aminoácidos ácidos e básicos (–COO<sup>-</sup> –NH<sub>3</sub><sup>+</sup>), chamada ligação "sal" (**ponte salina**).

Outras interações envolvidas na determinação da estrutura terciária podemos destacar as interações físicas fracas:

- **Pontes de hidrogênio:** ocorrem quando um átomo de hidrogênio é partilhado por dois átomos eletronegativos vizinhos. O hidrogênio pode ser dividido entre átomos de nitrogênio e oxigênio de grupos amina e carboxila que se encontrem próximos entre si (podem ser tanto as carboxilas e aminas envolvidas na ligação peptídica como àquelas presentes nos radicais R de aminoácidos ácidos e básicos). Estas são as mesmas pontes de hidrogênio fundamentalmente importantes na formação da estrutura secundária.
- **Interações hidrofóbicas:** São as forças não-covalentes mais importantes para a estabilidade da estrutura enovelada. As interações são resultantes da tendência das cadeias laterais hidrofóbicas – presentes na alanina, isoleucina, leucina, fenilalanina e valina – de serem atraídas umas pelas outras para agruparem-se em áreas específicas e definidas para minimizar seus contatos com a água. Quando circundados por moléculas de água, os grupos hidrofóbicos são induzidos a juntarem-se para ocupar o menor volume possível. Assim, as moléculas de água altamente ordenadas são liberadas do interior, aumentando a desordem do sistema (**entropia**). O aumento da entropia é

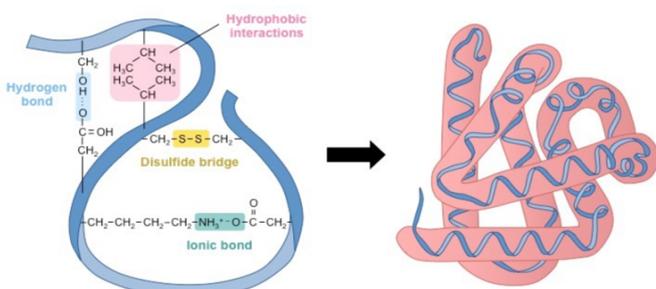
termodinamicamente favorável e dirige o dobramento protéico.

- **Dipolo induzido:** ocorrem somente quando dois átomos chegam bem próximos um do outro. A proximidade das moléculas pode induzir uma flutuação de carga que pode produzir atração mútua num raio de ação bastante pequeno. Em dado momento, a presença de maior número de elétrons em certa parte da molécula (lembre-se que os elétrons estão sempre em movimento) provoca repulsão dos elétrons de uma molécula próxima para uma parte desta molécula que não esteja em contato com a primeira molécula. Com a repulsão dos elétrons da parte em contato com a primeira molécula, esta parte fica momentaneamente positiva, ocorrendo a atração. Como tudo isto ocorre muito rapidamente, essas forças são fracas, porque os elétrons se movimentam muito, mudando as direções destas flutuações de carga. Este tipo de interação pode ocorrer principalmente entre moléculas apolares.
- **Dipolo permanente:** acontecem entre estruturas polares. A parte positiva de uma molécula polar é atraída pela parte negativa da outra molécula polar. Acontecem entre aminoácidos cujos radicais R são polares.



**Ligações e Interações que compõem a estrutura terciária da proteína.**

Uma diferença fundamental estabelecida entre uma ligação covalente e uma interação fraca não covalente é a quantidade de energia necessária para quebrar esta ligação ou interação. Uma ponte de hidrogênio necessita de apenas 4,5 kcal/mol de energia para ser quebrada. Já uma ligação covalente, como a O-H na água requer cerca de 110kcal/mol, por exemplo.

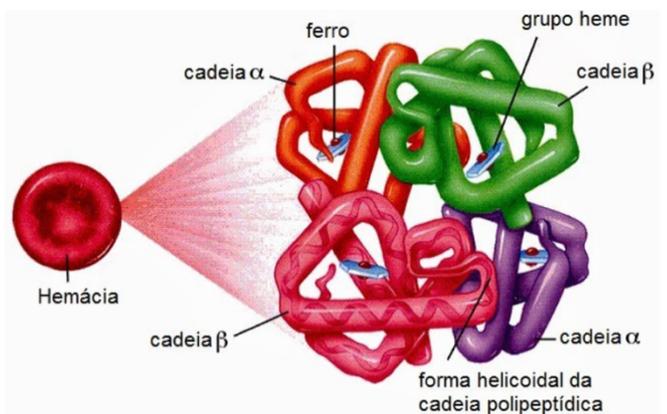


**Pontes de Hidrogênio, Interações Hidrofóbicas, Pontes Dissulfeto e Ligações Iônicas presentes na formação da estrutura terciária da proteína.**

**ESTRUTURA QUATERNÁRIA**

Muitas proteínas são multiméricas, ou seja, são **compostas por duas ou mais cadeias polipeptídicas**. As cadeias individuais de polipeptídeos chamadas protômeros ou subunidades estão associadas por interações não covalentes: efeitos hidrofóbicos, pontes de hidrogênio e interações eletrostáticas. O arranjo espacial das subunidades é conhecido como **estrutura quaternária** das proteínas.

Um exemplo de estrutura quaternária e globular é a **hemoglobina** formada por quatro subunidades, ligadas entre si numa configuração específica. Cada uma das subunidades é caracterizada por sua própria estrutura secundária e terciária. As interações dos polipeptídeos ocorrem entre os grupos desprotegidos que não participam do enovelamento da cadeia (estrutura terciária) (ver Proteínas globulares). Por outro lado, a enzima **α-quimiotripsina** não possui estrutura quaternária apesar de ser formada por três cadeias polipeptídicas, já que essas subunidades estão unidas entre si por ligações covalentes.



**Estrutura química da hemoglobina presente nos glóbulos vermelhos (hemácias).**

De certa **forma resumida**, temos:

Estrutura **primária**: Corresponde a **sequência linear** (ordenada) com que os aminoácidos estão dispostos na cadeia polipeptídica;

Estrutura **secundária**: Resulta das interações entre os radicais dos aminoácidos dispostos na cadeia, podendo assumir conformação de **α-hélice** ou **folha β-pregueada**;

Estrutura **terciária**: A estrutura terciária alcança uma conformação tridimensional e resulta de várias interações.

Estrutura **quaternária**: várias cadeias polipeptídicas unidas por ligações não-peptídicas.



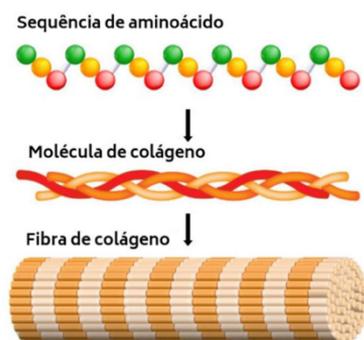
**Resumo das estruturas das proteínas.**

Com isso, podemos concluir que duas proteínas só são idênticas quando apresentam a **mesma estrutura primária**. Isto significa afirmar que elas devem ter o **mesmo número de aminoácidos**, os **mesmos tipos de aminoácidos** nas mesmas quantidades de cada e a **mesma sequência de aminoácidos**. Caso alguma das condições não seja obedecida, as proteínas em análise são diferentes.

## FIBRAS DE COLÁGENO E QUERATINA

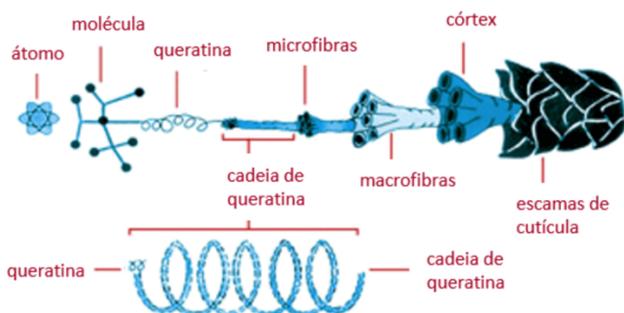
**Colágeno** e  **$\alpha$ -queratina** são estruturas quaternárias, sendo o colágeno um **trímero** e  $\alpha$ -queratina um **dímero**; cada subunidade é uma super-hélice, sendo que na extremidade há regiões globulares para a conexão das subunidades; cada proteína pode ainda se associar a outras idênticas para formar fibras mais espessas.

O colágeno é a proteína mais abundante em vertebrados sendo componente essencial do tecido conjuntivo (sintetizadas pelos fibroblastos) que, numa variedade de formas geneticamente distintas, se distribui pela matriz óssea, pele, tendões, cartilagens, córnea, vasos sanguíneos, dentes e outros tecidos. É sintetizado pelas células do tecido conjuntivo e secretada para o espaço extracelular para fazer parte de uma rede complexa de macromoléculas localizadas na matriz extracelular.



As  **$\alpha$ -queratinas** são proteínas constituídas quase exclusivamente de  $\alpha$ -hélices compostas de três cadeias polipeptídicas enroladas em forma de corda helicoidal resistente ao estiramento. São ricas em resíduos de cisteína que formam pontes covalentes de **dissulfeto** que estabilizam as cadeias polipeptídicas adjacentes. Apresentam também teores importantes de resíduos de aminoácidos hidrofóbicos alanina, valina, isoleucina, fenilalanina e metionina.

As queratinas formam a proteína da pele, cabelo, unhas, chifres, penas e lã. O cabelo é constituído de células mortas.



**Molécula de queratina constituinte da fibra do cabelo.**

## DESNATURAÇÃO, RENATURAÇÃO E INATIVAÇÃO

As interações não covalentes que mantêm a estrutura tridimensional de uma proteína são fracas, não sendo, por isso, surpreendente o fato de que ela pode ser facilmente desfeita.

O desdobramento de uma proteína é chamado **desnaturação**. A redução de pontes dissulfeto leva a uma desorganização ainda maior da estrutura terciária. A desnaturação e a redução das pontes dissulfeto são frequentemente combinadas, quando o rompimento completo da estrutura terciária é desejado.

Sob condições experimentais apropriadas, a estrutura desfeita pode ser completamente recuperada. Esse processo de desnaturação e renaturação é uma demonstração drástica da relação entre a estrutura primária da proteína e as forças que determinam a estrutura terciária. Entre outras palavras, verificamos que vários outros fatores são necessários para renaturação completa de uma proteína, mas importante é que sua estrutura primária é que determina a terciária. As proteínas podem ser desnaturadas de maneiras diversas. Uma delas é pelo calor. Um aumento da temperatura favorece vibrações no interior da molécula e a energia dessas vibrações pode tornar-se grande o suficiente para desfazer a estrutura terciária. Outro fator que pode provocar uma desnaturação proteica é o pH.

Em extremos de pH, tanto altos como baixos, pelo menos algumas cargas da proteína estão faltando e, por isso, as interações eletrostáticas que normalmente estabilizariam a forma funcional nativa da proteína estão reduzidas de modo drástico.

Isso acaba levando a uma desnaturação. Se as condições experimentais forem escolhidas de modo adequado, a conformação nativa da proteína poderá ser recuperada (**renaturação**).

Em condições biológicas, normalmente, as desnaturações por **calor** permitem a destruição das pontes de hidrogênio, desorganizando as estruturas funcionais da proteína (quaternária, terciária e secundária), restando-lhe a estrutura primária intacta. Nesse caso, geralmente, temos um processo **irreversível**.

Na desnaturação por **pH**, a variação estrutural da proteína permite-lhe obter em diversas condições a conformação primária e secundária intactas. Desta forma, a renaturação é possível, e o processo é considerado **reversível**.

### Importante Ressaltar

Duas proteínas só são consideradas idênticas quando apresentam a **mesma estrutura primária**. Isto significa dizer que as mesmas possuem o **número** de aminoácidos, **tipos** de aminoácidos e a **sequência** de aminoácidos idênticos.

A desnaturação não é capaz de alterar a composição de aminoácidos da proteína. Assim, o **valor nutritivo** é mantido, mesmo após a desnaturação. O ovo cru mantém suas proteínas na composição estrutural determinada pela interação molecular entre os aminoácidos que o compõem (espacial), enquanto o ovo frito apresenta suas proteínas desnaturadas pelo calor. No entanto, o valor nutritivo de

ambos é o **mesmo**. Uma vez que falar em valor nutricional de uma proteína consiste nos aminoácidos que serão absorvidos após sua hidrólise e absorção. A desnaturação influencia a proteína em seu **papel biológico apenas**, sendo, portanto, prudente optar pelo ovo frito e/ou cozido devido ao sabor.

Além de sua importância **nutritiva**, as proteínas desempenham outras importantes funções como: **estrutural, catalisadora, receptora, transportadora, de defesa, de reparo** e, em alguns casos, de reserva energética como a ovalbumina presente em ovos, servindo de base nutricional do desenvolvimento de embriões.

**Exercícios de Aprendizagem**

**01. (ENEM)** Na década de 1940, na Região Centro-Oeste, produtores rurais, cujos bois, porcos, aves e cabras estavam morrendo por uma peste desconhecida, fizeram uma promessa, que consistiu em não comer carne e derivados até que a peste fosse debelada. Assim, durante três meses, arroz, feijão, verduras e legumes formaram o prato principal desses produtores.

**O Hoje, 15 out 2011 (adaptado).**

Para suprir o déficit nutricional a que os produtores rurais se submeteram durante o período da promessa, foi importante eles terem consumidos alimentos ricos em

- a) vitaminas A e E.
- b) frutose e sacarose.
- c) aminoácidos naturais.
- d) aminoácidos essenciais.
- e) ácidos graxos saturados.

**02. (UNICHRISTUS)** Kwashiorkor é uma doença causada por deficiência proteica, de ocorrência mais frequente em crianças, que apresentam como característica os membros superiores, membros inferiores, e o abdômen intumescidos e distendidos, devido ao desequilíbrio hídrico. Quando submetidas a dietas adequadas, essas crianças tendem a perder peso inicialmente. Por quê?

- a) A perda de peso é decorrente da correção do edema causado pela retenção de líquidos.
- b) A perda de peso é decorrente da redução de lipídeos insaturados.
- c) A perda de peso é decorrente da redução dos triglicérides totais.
- d) A perda de peso é decorrente da redução de lipídeos saturados.
- e) A perda de peso é decorrente da queda de glicogênio armazenado no fígado.

**03. (FUVEST)** Uma proteína retirada de célula epitelial humana possui: 10 VAL, 32 ALAN, 14 TREON, 27 HISTID, 49 GLIC, 24 LIS. De células sanguíneas do mesmo indivíduo, foi extraída outra proteína, cuja hidrólise demonstrou ser formada de 10 VAL, 32 ALAN, 14 TREON, 27 HISTID, 49 GLIC, 24 LIS. Em face de tais informações, é lícito concluir que:

- a) trata-se da mesma proteína, pois em ambas encontramos o mesmo número de aminoácidos.
- b) trata-se da mesma proteína, pois a quantidade de cada aminoácido é igual em ambas.
- c) trata-se da mesma proteína, pois ambas têm os mesmos aminoácidos.
- d) trata-se de proteínas diferentes, pois foram obtidas de células estrutural, embrionária e funcionalmente diferentes.
- e) pode-se tratar de proteínas iguais ou diferentes, pois só a análise da disposição dos aminoácidos poderá revelar a identidade ou a diferença entre elas.

**04. (UNICAMP)** A síntese de aminoácidos diversos a partir do ácido glutâmico é realizada por meio de reações chamadas de:

- a) hidrólise.
- b) oxidação.
- c) desidrogenação.
- d) transaminação.
- e) polimerização.

**05. (FUVEST)** Uma certa raça de gado, quando criada em pastagens argentinas, apresenta ganho de peso corpóreo relativamente maior, em mesmo período de tempo, do que quando criada no Brasil. A explicação para essa diferença é que o solo argentino é mais rico em

- a) ácidos, o que melhora a digestão dos ruminantes e o aproveitamento calórico da pastagem.
- b) dióxido de carbono, o que aumenta a quantidade de carboidratos da pastagem.
- c) nitrogênio, o que aumenta o valor proteico da pastagem.
- d) mais minerais, o que aumenta a quantidade de carboidratos da pastagem.
- e) sódio, o que aumenta o valor calórico da pastagem.

**Exercícios de Fixação**

**01. (FUVEST 2013)** Louis Pasteur realizou experimentos pioneiros em Microbiologia. Para tornar estéril um meio de cultura, o qual poderia estar contaminado com agentes causadores de doenças, Pasteur mergulhava o recipiente que o continha em um banho de água aquecida à ebulição e à qual adicionava cloreto de sódio.

Com a adição de cloreto de sódio, a temperatura de ebulição da água do banho, com relação à da água pura, era . O aquecimento do meio de cultura provocava .

As lacunas podem ser corretamente preenchidas, respectivamente, por:

- maior; desnaturação das proteínas das bactérias presentes.
- menor; rompimento da membrana celular das bactérias presentes.
- a mesma; desnaturação das proteínas das bactérias.
- maior; rompimento da membrana celular dos vírus.
- menor; alterações no DNA dos vírus e das bactérias.

**02. (UERJ 2013)** Na presença de certos solventes, as proteínas sofrem alterações tanto em sua estrutura espacial quanto em suas propriedades biológicas. No entanto, com a remoção do solvente, voltam a assumir sua conformação e propriedades originais.

Essas características mostram que a conformação espacial das proteínas depende do seguinte tipo de estrutura de suas moléculas:

- primária
- secundária
- terciária
- quaternária

**03. (UFG 2012)** As proteínas fluorescentes coloridas são usadas atualmente por pesquisadores para entender processos biológicos como a infecção pelo parasita *Trypanosoma cruzi*. A unidade básica formadora das proteínas e a doença causada pelo parasita citado são, respectivamente,

- aminoácidos e doença de Chagas.
- aminoácidos e dengue.
- aminoácidos e leishmaniose.
- aminoácidos e malária.
- aminoácidos e esquistossomose.

**04. (UERJ 2020)** Algumas embalagens de alimentos apresentam no rótulo a informação "contém glúten", obrigatória por resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

O glúten apresenta, em sua composição, uma molécula que não deve ser consumida por portadores da doença celíaca, uma enfermidade autoimune crônica do intestino delgado.

Essa molécula do glúten, inadequada para os celíacos, é classificada como:

- lipídeo
- vitamina
- proteína
- carboidrato

**05. (UFJF 2018)** A febre, quando alcança ou mais, é muito perigosa e pode provocar a morte do indivíduo. Um dos problemas do aumento da temperatura corporal é o seu efeito sobre proteínas do sistema nervoso central.

Sobre o efeito deste aumento da temperatura corporal, é CORRETO afirmar que ele

- umenta a atividade das proteínas.
- desnatura as proteínas, inibindo a sua atividade.
- provoca o acúmulo de proteínas no retículo endoplasmático.
- induz a quebra das proteínas e, conseqüentemente, a sua inativação.
- modifica a seqüência de aminoácidos das proteínas e, conseqüentemente, o seu funcionamento.

**06. (UECE 2017)** Sobre proteínas que foram desnaturadas sob condições de elevadas temperaturas, é correto afirmar que

- tiveram sua estrutura primária rompida irreversivelmente.
- apesar de modificadas, permaneceram com sua estrutura primária, composta pela seqüência de aminoácidos ligados entre si.
- foram temporariamente modificadas, podendo assumir sua conformação espacial original em condições ideais de temperatura.
- se tornaram inadequadas para o consumo humano, já que foram estruturalmente alteradas.

**07. (UCS 2017)** Muitos textos antigos foram escritos em pergaminhos feitos de pele seca de animais. Com o tempo, o colágeno presente no pergaminho tornava-se gelatina e causava a deterioração do material e, conseqüentemente, do texto. Assim, embora a descoberta de um pergaminho ou manuscrito antigo tenha representado um grande feito para pesquisadores, eles eram geralmente muito frágeis para serem manuseados, e os textos estavam muito apagados ou danificados para serem lidos. Curiosamente, um acelerador de partículas poderá contornar esse problema, porque os cientistas usarão um poderoso feixe de raios X, produzido pelo acelerador de partículas, para descobrir quanto do colágeno de um pergaminho tornou-se gelatina, qual seu nível de deterioração e, por fim, produzir uma imagem tridimensional do texto sem sequer abrir tais materiais.

Disponível em:

<http://forum.outerspace.com.br/index.php?threads/f%C3%ADsica-purpurinada-news-o-feixe-de-luz-10-bilh%C3%B5es-de-vezes-mais-brilhante-que-o-sol.47391/>. Acesso em: 12 jun. 17. (Parcial e adaptado.)

Em relação ao colágeno, é correto afirmar que

- é um lipídeo de importância fundamental na constituição da matriz extracelular do tecido epitelial de revestimento, sendo responsável por grande parte de suas propriedades físicas.

b) é a proteína mais abundante do corpo humano, fazendo parte da composição de vários órgãos e tecidos de sustentação.

c) é sintetizado e secretado a partir de células do tecido epitelial, conhecidas como osteoclastos.

d) apresenta, na forma hidrolisada, alto conteúdo em glicina e prolina, que são glicídios essenciais para a estabilidade e a regeneração das cartilagens.

e) impede a deformação acentuada das articulações devido à sua deposição na matriz extracelular que é causada por estímulo nervoso.

**08. (UFRGS 2017)** A desnutrição infantil é um dos maiores problemas de saúde pública que atinge países cuja assistência social não é prioritária. A anemia é o principal resultado da desnutrição infantil. Considere as seguintes informações sobre a desnutrição infantil.

I. A anemia proteica está relacionada ao baixo peso infantil e à falta de calorias necessárias ao desenvolvimento.

II. A proteína animal, que provém de carne, peixes, ovos e leite, é fonte de todos os aminoácidos essenciais.

III. A síntese de hemoglobina está diretamente relacionada à anemia e pode ser prejudicada, entre outros fatores, pela falta de ferro e de vitamina B12.

Quais estão corretas?

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) Apenas III.
- d) Apenas II e III.
- e) I, II e III.

**09. (PUCCAMP 2017)** O glúten é formado pelas proteínas gliadina e glutenina, que se encontram naturalmente na semente de muitos cereais, como trigo, cevada, centeio e aveia. A formação das proteínas depende da união dos aminoácidos por meio de ligações do tipo

- a) glicosídicas.
- b) peptídicas.
- c) fenólicas.
- d) aromáticas.
- e) lipídicas.

**10. (UDESC 2017)** Importantes compostos orgânicos dos seres vivos as proteínas (cadeia polipeptídica) diferem entre si, nos seguintes aspectos:

- I. Tipos de aminoácidos presentes na cadeia.
- II. Quantidade de aminoácidos presentes na cadeia.
- III. Sequência em que os aminoácidos estão unidos na cadeia.
- IV. Pelos nucleotídeos presentes na cadeia.

Analisadas as proposições, assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.

d) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.

e) Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.

**11. (ENEM PPL 2016)** Nem sempre é seguro colocar vírus inteiros numa vacina. Alguns são tão perigosos que os cientistas preferem usar só um de seus genes – aquele que fabrica o antígeno, proteína que é reconhecida pelas células de defesa. Uma dessas vacinas de alta tecnologia é a anti-hepatite B. Um gene do vírus é emendado ao DNA de um fungo inofensivo, que passa, então, a produzir uma substância que é injetada no corpo humano.

**Vírus: guerra silenciosa. Superinteressante, n. 143, ago. 1999 (adaptado).**

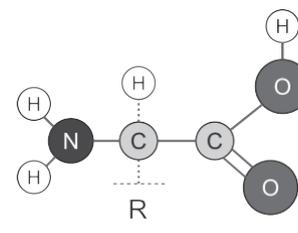
A função dessa substância, produzida pelo fungo, no organismo humano é

- a) neutralizar proteínas virais.
- b) interromper a ação das toxinas.
- c) ligar-se ao patógeno já instalado.
- d) reconhecer substâncias estranhas.
- e) desencadear a produção de anticorpos.

**12. (UPF 2016)** As proteínas desempenham diversas funções fisiológicas e estruturais nos seres vivos. Com relação a essas substâncias, é incorreto afirmar:

- a) Cada indivíduo produz as suas próprias proteínas, que são codificadas de acordo com o seu material genético.
- b) As proteínas são constituintes, juntamente com os lipídios, das biomembranas celulares. Na membrana plasmática, desempenham papéis importantes na permeabilidade.
- c) Proteínas especiais ligam-se ao DNA de seres eucariotos para formar a cromatina.
- d) São todas constituídas por sequências monoméricas de aminoácidos e monossacarídeos.
- e) Diferem umas das outras pelo número, pelo tipo e pela sequência de aminoácidos que as constituem.

**13. (UECE 2016)** Atente à seguinte representação químico-estrutural de um aminoácido.



Considerando a figura acima, assinale a afirmação verdadeira.

- a) Observa-se a presença de um carbono central (alfa) responsável pela diferenciação entre os aminoácidos.
- b) O quarto ligante é um radical chamado genericamente de cadeia lateral de forma constante ou inalterada nos aminoácidos.
- c) Um grupamento carboxila, um grupamento amina, um grupo e um átomo de hidrogênio estão ligados ao carbono central.

d) Além desses tipos de aminoácidos principais, há alguns aminoácidos especiais que só aparecem em alguns tipos de proteínas e não possuem o grupo amina.

**14. (UECE 2015)** As proteínas observadas na natureza evoluíram pela pressão seletiva para efetuar funções específicas, e suas propriedades funcionais dependem da sua estrutura tridimensional.

Sobre essas biomoléculas, é correto afirmar que

- a) a estrutura tridimensional das proteínas surge porque sequências de aminoácidos em cadeias polipeptídicas se enovelam a partir de uma cadeia enovelada em domínios compactos com estruturas tridimensionais específicas.
- b) as cadeias polipeptídicas das proteínas são normalmente compostas por aminoácidos diferentes que são ligados não covalentemente durante o processo de síntese pela formação de uma ligação peptídica.
- c) as interações que governam o enovelamento e a estabilidade das proteínas são: interações não covalentes, forças eletrostáticas, interações de Van de Waals, pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas.
- d) os aminoácidos que compõem proteínas possuem em comum somente o Carbono alfa e o grupamento amino

**15. (UFRGS 2014)** Os quatro tipos de macromoléculas biológicas estão presentes, aproximadamente, nas mesmas proporções, em todos os organismos vivos.

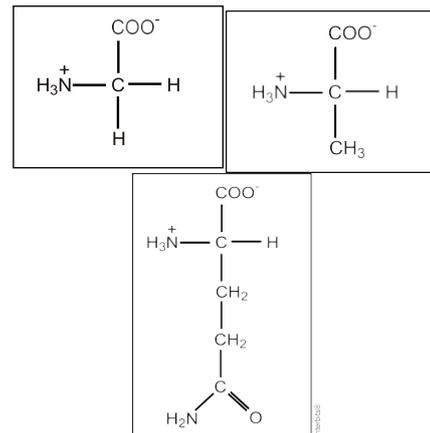
Sobre essas macromoléculas, assinale a alternativa correta.

- a) As vitaminas são triglicerídeos sintetizados no fígado e podem funcionar como coenzimas.
- b) Os polissacarídeos, como a frutose e o glicogênio, são respectivamente compostos armazenadores de energia em plantas e animais.
- c) As proteínas têm, entre as suas funções, o suporte estrutural, a catálise e a defesa dos organismos.
- d) Os ácidos nucleicos são polímeros de nucleotídeos, caracterizados pela presença de hexoses.
- e) Os carboidratos, assim como os ácidos nucleicos, podem funcionar como material hereditário.

**16. (UFG 2013)** Uma reportagem em relação à definição do que é o leite de fato foi veiculada na Folha de S. Paulo, edição do dia 16/09/2012 (página C7). Segundo essa reportagem: "leite é um produto natural composto de água, gordura, vitaminas, proteínas, enzimas e lactose...". Dentre essas substâncias mencionadas, a classe que é um catalisador biológico é a

- a) dos lipídios.
- b) dos minerais.
- c) das enzimas.
- d) das vitaminas.
- e) dos glicídios.

**17. (UFG 2012)** Os fios das teias das aranhas são, quimicamente, feitos por compostos, como os apresentados a seguir em suas formas iônicas.



O filo ao qual a aranha pertence e a substância formada por esses compostos são, respectivamente,

- a) Echinodermata e lipídio.
- b) Echinodermata e proteína.
- c) Arthropoda e proteína.
- d) Arthropoda e lipídio.
- e) Arthropoda e triglicerídeo.

**18. (PUCRJ 2009)** Observe a seguir a composição de três macromoléculas hipotéticas:

**Molécula 1** - 500 aminoácidos, sendo 50 argininas, 75 leucinas, 42 treoninas, 21 fenilalaninas, 27 triptofanos, 35 serinas, 53 metioninas, 77 valinas, 19 histidinas, 33 asparaginas e 68 glicinas.

**Molécula 2** - 500 nucleotídeos, sendo 100 de timina, 150 de citosina, 150 de guanina e 100 de adenina.

**Molécula 3** - 500 aminoácidos, sendo 50 argininas, 75 leucinas, 42 treoninas, 21 fenilalaninas, 27 triptofanos, 35 serinas, 53 metioninas, 77 valinas, 19 histidinas, 33 asparaginas e 68 glicinas.

Em relação a essas moléculas podemos afirmar que:

- a) a de número 2 é de natureza lipídica e tem capacidade de autoduplicação.
- b) as de número 1 e 2 são de natureza polissacarídica e têm capacidade de autoduplicação.
- c) as de número 1 e 3 têm natureza protéica e podem ter atividade catalítica.
- d) todas as três moléculas têm natureza polissacarídica e atividade enzimática.
- e) as de número 1 e 3 têm a mesma composição e, obrigatoriamente a mesma estrutura primária.

**19. (UNESP 2007)** As proteínas são moléculas complexas formadas por unidades denominadas \_\_\_\_\_, que se unem umas às outras por meio de \_\_\_\_\_. Cada unidade é formada por um átomo de carbono, ao qual se ligam um grupo \_\_\_\_\_, um grupo \_\_\_\_\_, que apresenta um átomo de nitrogênio, e um radical de estrutura variável.

Os termos que completam corretamente os espaços em branco são, pela ordem,

- a) monopeptídeos ... ligação glicosídica... carboxila amina
- b) monopeptídeos... ligação peptídica... amina carboxila
- c) aminoácidos... ligação peptídica... carboxila amina
- d) aminoácidos... ligação glicosídica... aminacarboxila
- e) nucleotídeos... reação de desidratação... carboxila amina

**20. (CFTSC 2007)** Cada vez mais, rações balanceadas têm sido utilizadas como alimento para um grande número de espécies de animais domésticos. Dentre os componentes destas rações, encontramos grande percentual de proteínas. Sobre as proteínas, assinale a alternativa CORRETA:

- a) São compostos formados por carboidratos e lipídios unidos por pontes de hidrogênio.
- b) São macromoléculas compostas de aminoácidos, que desempenham diversas funções no organismo, tais como a função de defesa, a estrutural e a catalisadora.
- c) São compostos orgânicos responsáveis pela transmissão da informação genética, fazendo parte da constituição química dos cromossomos.
- d) São compostos de tamanho muito pequeno (micromoléculas) e ocorrem em baixa concentração dentro da célula.
- e) São substâncias de grande importância para os animais: muitas representam fontes energéticas para as suas células.

**GABARITOS E PADRÕES DE RESPOSTAS****EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM**

- 01.
- 02.
- 03.
- 04.
- 05.

**EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO****01. [A]**

A dissolução do cloreto de sódio à água pura eleva o seu ponto de ebulição. O aquecimento do meio de cultura provocava a desnaturação das proteínas das bactérias presentes.

Com a adição de cloreto de sódio, a temperatura de ebulição da água do banho, com relação à da água pura, era maior devido ao aumento do número de partículas de soluto (efeito ebulioscópico). O aquecimento do meio de cultura provocava a desnaturação da proteína, ou seja, a proteína perdia a sua estrutura tridimensional.

**02. [A]**

A conformação final de uma proteína é determinada pela sua estrutura primária, isto é, pela sequência de seus aminoácidos. As estruturas secundária, terciária e quaternária da proteína se formam a partir das interações entre os radicais dos aminoácidos participantes da estrutura primária.

A estrutura espacial das proteínas depende de sua sequência primária. A proteína pode ser desnaturada pelo solvente e a estrutura terciária se desfaz, mas como neste caso o solvente é retirado, não ocorre quebra da sequência de aminoácidos (estrutura primária) e a proteína mantém a forma final.

**03. [A]**

O causador da doença de Chagas é o protozoário flagelado *Trypanosoma cruzi*. Os aminoácidos são as unidades básicas formadoras das proteínas a partir da condensação e formação da ligação peptídica.

**04. [C]**

O glúten contém em sua composição química proteínas que funcionam como antígenos em pessoas com doença celíaca. Essas proteínas estimulam a produção de anticorpos que prejudicam o funcionamento do intestino delgado.

**05. [B]**

Variações anormais de algumas condições podem fazer as moléculas proteicas perderem sua configuração original, processo chamado de desnaturação, que inibe sua atividade; a estrutura tridimensional das proteínas pode ser afetada por fatores como temperatura, acidez, concentração de sais etc.

**06. [B]**

As proteínas desnaturadas em condições de elevadas temperaturas mantém a sua estrutura primária inalterada, ou

seja, a desnaturação térmica não rompe as ligações peptídicas entre os aminoácidos.

**07. [B]**

O colágeno é a proteína mais abundante do corpo humano, 30% do total de proteínas, sendo o principal componente das fibras da matriz intercelular do tecido conjuntivo, presente em quase todos os órgãos e tecidos, com funções de sustentação e elasticidade.

**08. [D]**

A anemia proteica está relacionada ao baixo peso infantil e à falta de aminoácidos essenciais na dieta.

**09. [B]**

As proteínas são moléculas orgânicas formadas pelo encadeamento de aminoácidos unidos por ligações peptídicas.

**10. [E]**

As proteínas são polímeros de aminoácidos. Os nucleotídeos encadeados compõem os ácidos nucleicos (DNA e RNA).

**11. [E]**

A substância produzida pelo fungo, através de um gene do vírus causador da doença, estimulará a produção de anticorpos, garantindo a defesa do corpo humano.

**12. [D]**

As proteínas são moléculas orgânicas formadas por sequências monoméricas de aminoácidos.

**13. [C]**

Ao carbono central da molécula do aminoácido estão ligados: um grupo funcional amina um grupo carboxila um átomo de hidrogênio e um radical O radical caracteriza o tipo de aminoácido.

**14. [C]**

As principais interações químicas que determinam a forma e a estabilidade das proteínas são: interações não covalentes, forças eletrostáticas, interações de Van der Waals, ligações de hidrogênio e interações hidrofóbicas.

**15. [C]**

As proteínas apresentam uma grande diversidade de funções biológicas atuando, por exemplo, na defesa dos organismos, na composição de muitas estruturas corporais e na catálise de diferentes reações metabólicas. As vitaminas são substâncias orgânicas não sintetizadas pelos organismos, necessárias em pequenas quantidades. A frutose é um monossacarídeo do tipo hexose. Os ácidos nucleicos caracterizam-se pela presença de pentoses e, ao contrário dos carboidratos, atuam como material hereditário.

**16. [C]**

As enzimas são catalisadores biológicos de natureza proteica.

**17.** [C]

As aranhas são animais pertencentes ao filo Arthropoda. O fio da teia é formado por proteínas, isto é, sequências de unidades estruturais denominadas "aminoácidos".

**18.** [C]

**19.** [C]

**20.** [B]