

# AMINOÁCIDOS, PEPTÍDIOS E PROTEÍNAS: FUNÇÕES E PROPRIEDADES

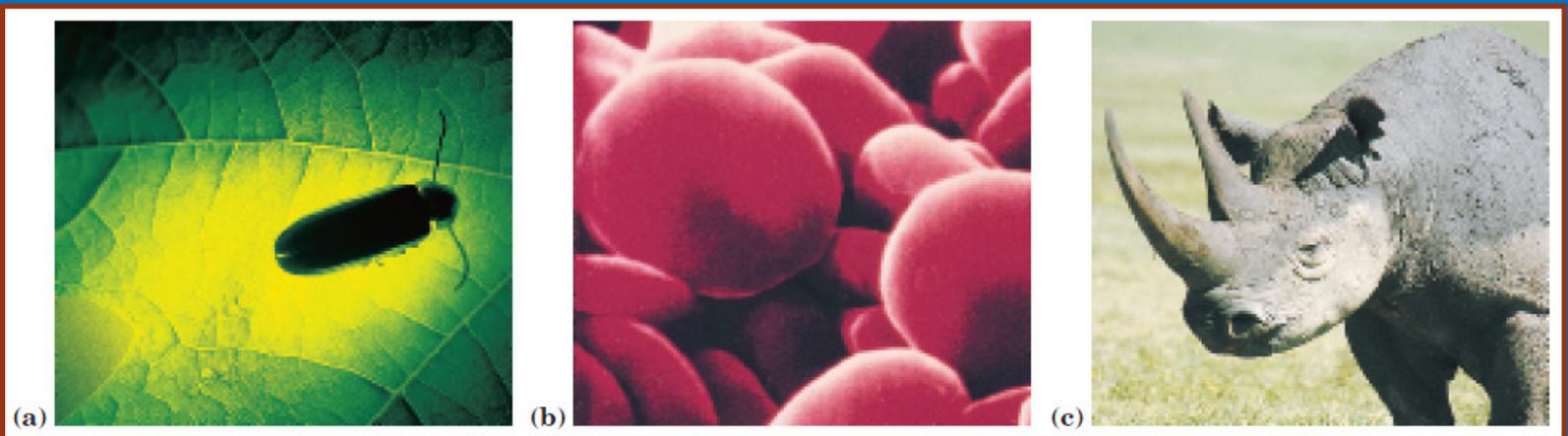
03-AGO-2018

QBQ-0230

Bioquímica do Metabolismo – Biologia Noturno

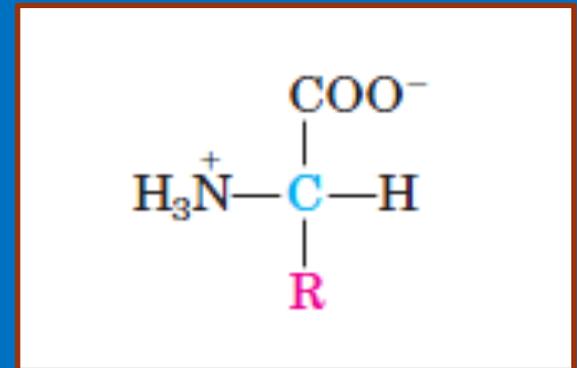
# Aminoácidos, peptídios e proteínas

- As proteínas são responsáveis por praticamente todos os processos que acontecem numa célula.
- Elas apresentam propriedades e funções quase 'infinitas'.
- As proteínas são as macromoléculas biológicas mais abundantes, presentes em todas as células.
- Proteínas são polímeros compostos pela combinação de 20 aminoácidos.
- Todas as proteínas, sejam humanas ou de bactérias, são compostas dos mesmos 20 aminoácidos.
- O mais impressionante é que as células podem produzir, a partir dos mesmos 20 aminoácidos, proteínas com propriedades absolutamente distintas.
- Por exemplo, destes 20 componentes, as células produzem enzimas, hormônios, anticorpos, a hemoglobina que transporta oxigênio, as fibras musculares, a lente dos olhos, penas, teia de aranha, o chifre do rinoceronte, unhas, e as proteínas do leite, para citar alguns exemplos.
- As enzimas, por exemplo, são os catalisadores de praticamente todas as reações biológicas.



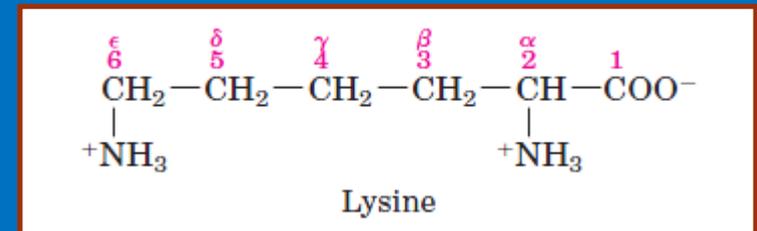
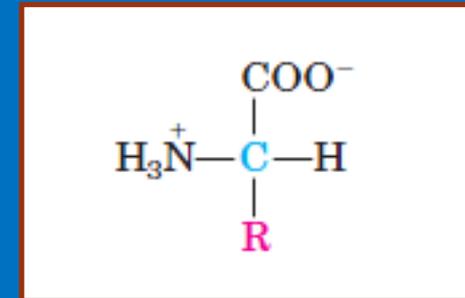
# Aminoácidos

- Como o nome indica, são ácidos (carboxílicos) que contém um grupo amino na posição alfa (carbono 2)
- As proteínas são compostas de aminoácidos ligados através de ligações covalentes específicas.
- Os primeiros estudos sobre proteínas foram centrados nos aminoácidos livres liberados pela hidrólise das proteínas.
- O primeiro aminoácido identificado foi a asparagina, isolada de suco de aspargo em 1806.
- O nome dos aminoácidos é, muitas vezes, derivado do fonte de onde foi isolado:
  - Glutamina = gérmen de trigo (glúten)
  - Tirosina = do grego, tyros (queijo)

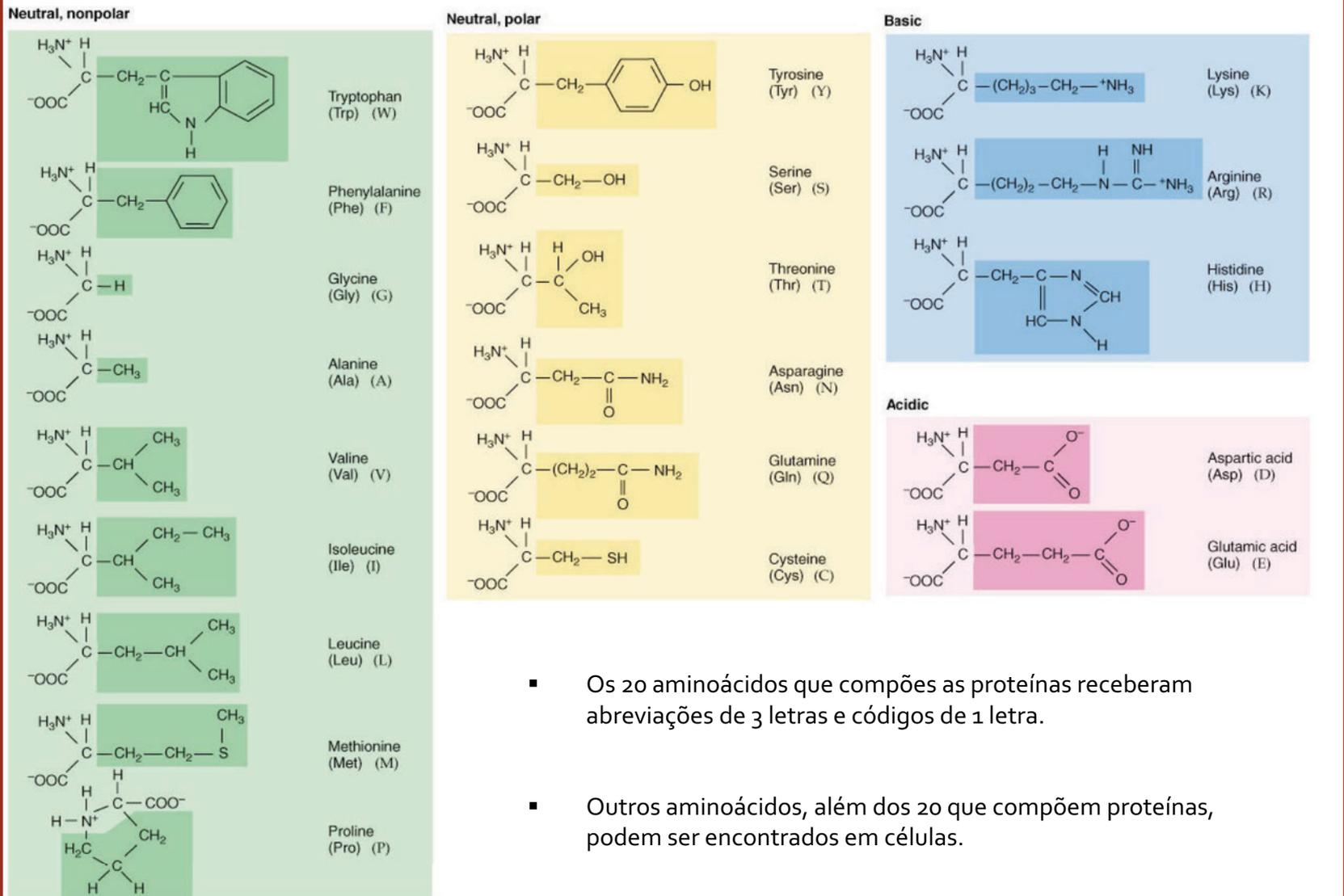


# Aminoácidos

- Todos os 20 aminoácidos são  $\alpha$ -amino ácidos.
- Eles apresentam um grupo carboxila e um grupo amino, ambos ligados ao mesmo carbono (carbono alfa).
- Eles diferem uns dos outros na suas **CADEIAS LATERAIS** ou grupo **R**.
- As cadeias laterais variam umas das outras em estrutura, tamanho e carga elétrica.
- A cadeia lateral influencia muito a solubilidade do aminoácido em água.
- Os 20 aminoácidos que compõem as proteínas receberam abreviações de 3 letras e códigos de 1 letra.
- Outros aminoácidos, além dos 20 que compõem proteínas, podem ser encontrados em células.



# Os 20 aminoácidos têm cadeias laterais distintas



- Os 20 aminoácidos que compõem as proteínas receberam abreviações de 3 letras e códigos de 1 letra.
- Outros aminoácidos, além dos 20 que compõem proteínas, podem ser encontrados em células.

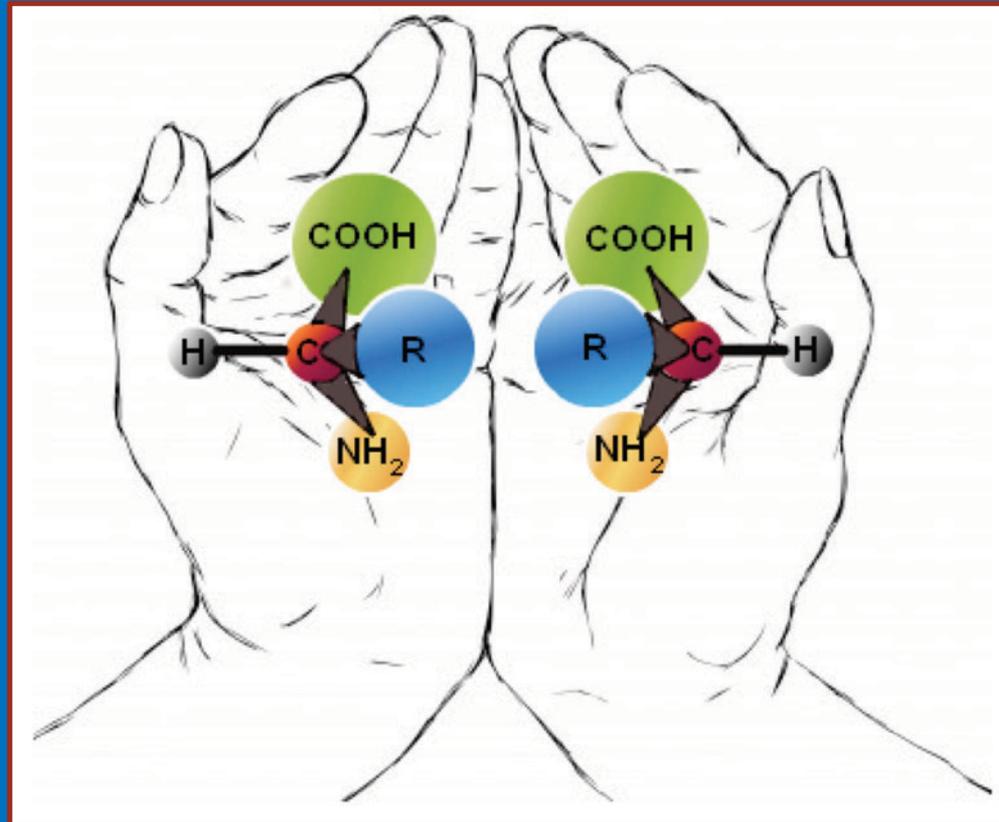
# Aminoácidos: nomenclatura

- Aminoácidos são representados por letras ou códigos de 3 letras.

Amino Acid	3-Letter Code	1-Letter Code
Alanine	Ala	A
Cysteine	Cys	C
Aspartic acid or aspartate	Asp	D
Glutamic acid or glutamate	Glu	E
Phenylalanine	Phe	F
Glycine	Gly	G
Histidine	His	H
Isoleucine	Ile	I
Lysine	Lys	K
Leucine	Leu	L
Methionine	Met	M
Asparagine	Asn	N
Proline	Pro	P
Glutamine	Gln	Q
Arginine	Arg	R
Serine	Ser	S
Threonine	Thr	T
Valine	Val	V
Tryptophan	Trp	W
Tyrosine	Tyr	Y

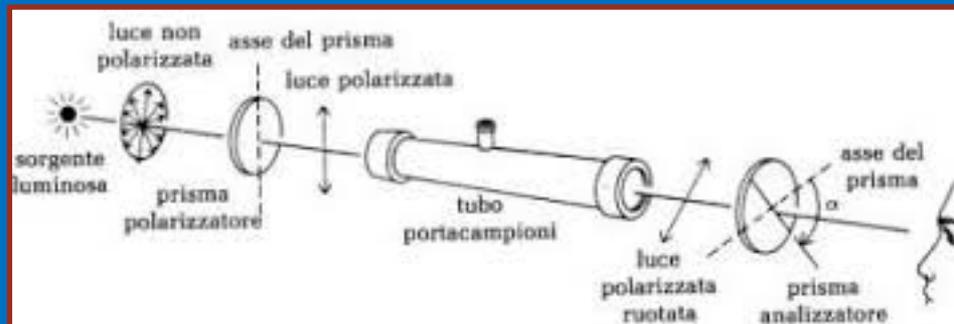
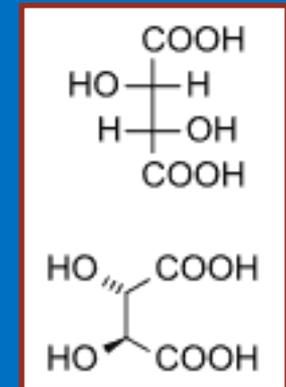
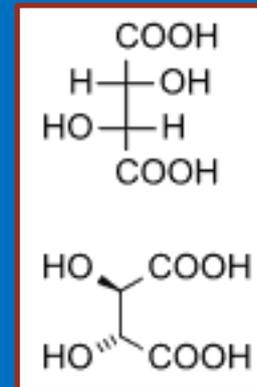
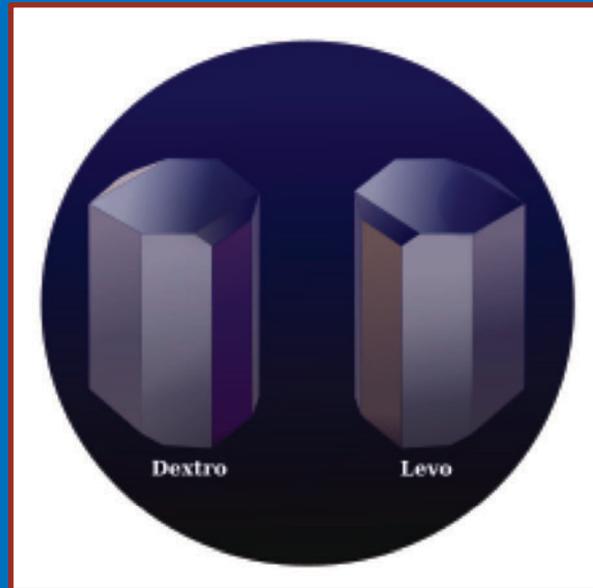
# Estereoisomeria dos aminoácidos

- Com exceção da glicina, o carbono alfa de todos os aminoácidos está ligado a quatro grupos diferentes e é, portanto, um centro quiral na molécula.
- Assim, aminoácidos apresentam estereoisomeria e dois enantiômeros que se não se sobrepõem, e são com imagens no espelho.



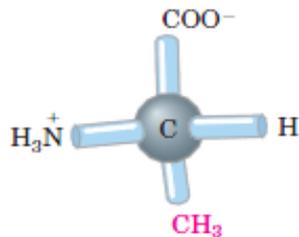
# Estereoisomeria ótica

- Louis Paster foi o primeiro pesquisador a observar a estereoisomeria.
- Em 1849, ele observou que cristais de ácido tartárico coletados do vinho mudavam o plano da luz polarizada.
- Porém, cristais de ácido tartárico obtidos de outras fontes, não.
- Em 1874, Jacobus Henricus explicou este fenômeno e o associou ao carbono quiral.

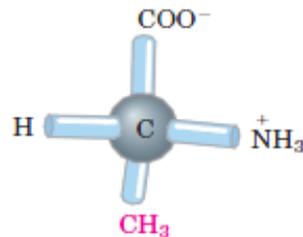


# Estereoisomeria dos aminoácidos

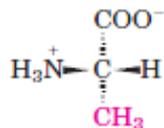
- Os diferentes enantiômeros são classificados de acordo com o sistema D e L.
- Praticamente todas as moléculas biológicas com centros quirais são encontradas na natureza sob a forma de um único estereoisômero.
- Por exemplo, proteínas são feitas exclusivamente de L-aminoácidos.
- D-aminoácidos são encontrados em apenas algumas moléculas, geralmente, pequenos peptídios.



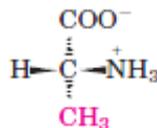
(a) L-Alanine



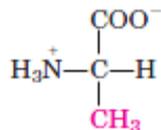
D-Alanine



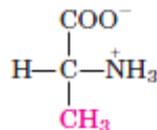
(b) L-Alanine



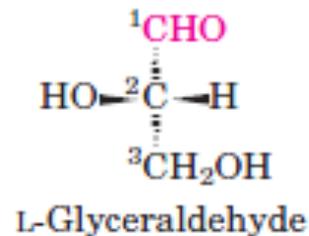
D-Alanine



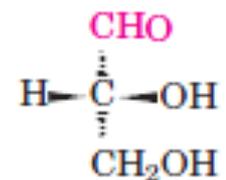
(c) L-Alanine



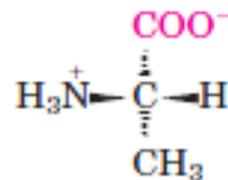
D-Alanine



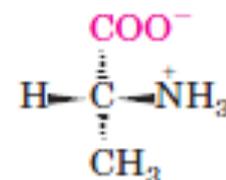
L-Glyceraldehyde



D-Glyceraldehyde



L-Alanine

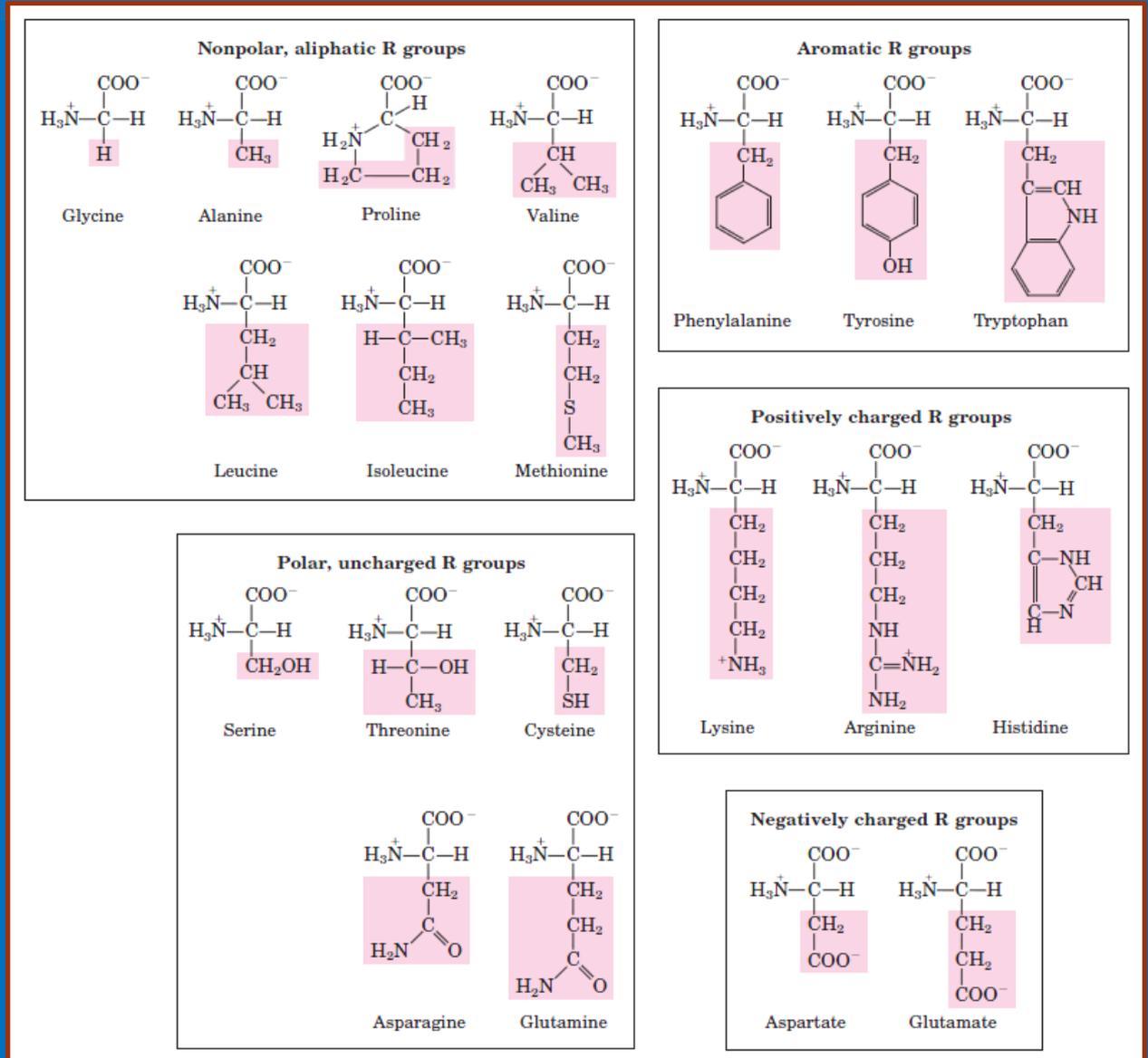


D-Alanine

# Os aminoácidos podem ser classificados em grupos

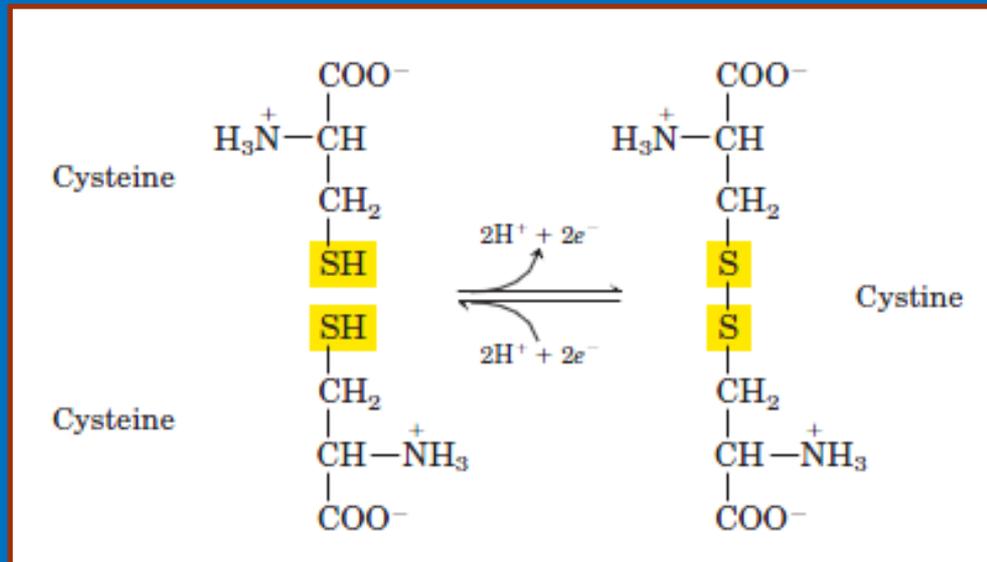
- Os 20 aminoácidos que compõem as proteínas podem ser classificados de acordo com suas cadeias laterais:

- Apolares
- Aromáticos
- Polares
- Carga positiva
- Carga negativa



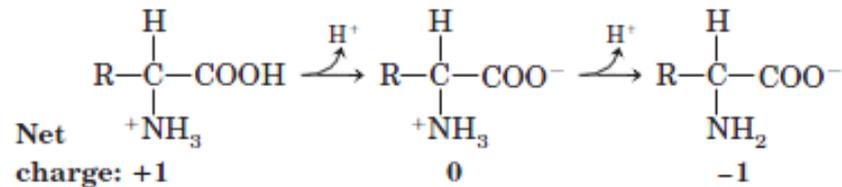
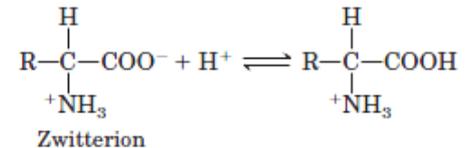
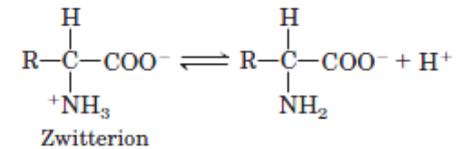
# Cisteína

- A cisteína é um dos aminoácidos com propriedades particulares.
- Duas cisteínas podem se unir numa ligação reversível chamada de **ponte de dissulfeto**.
- Pontes de dissulfeto auxiliam a estabilizar a estrutura de uma proteína ou unir duas proteínas umas as outras.



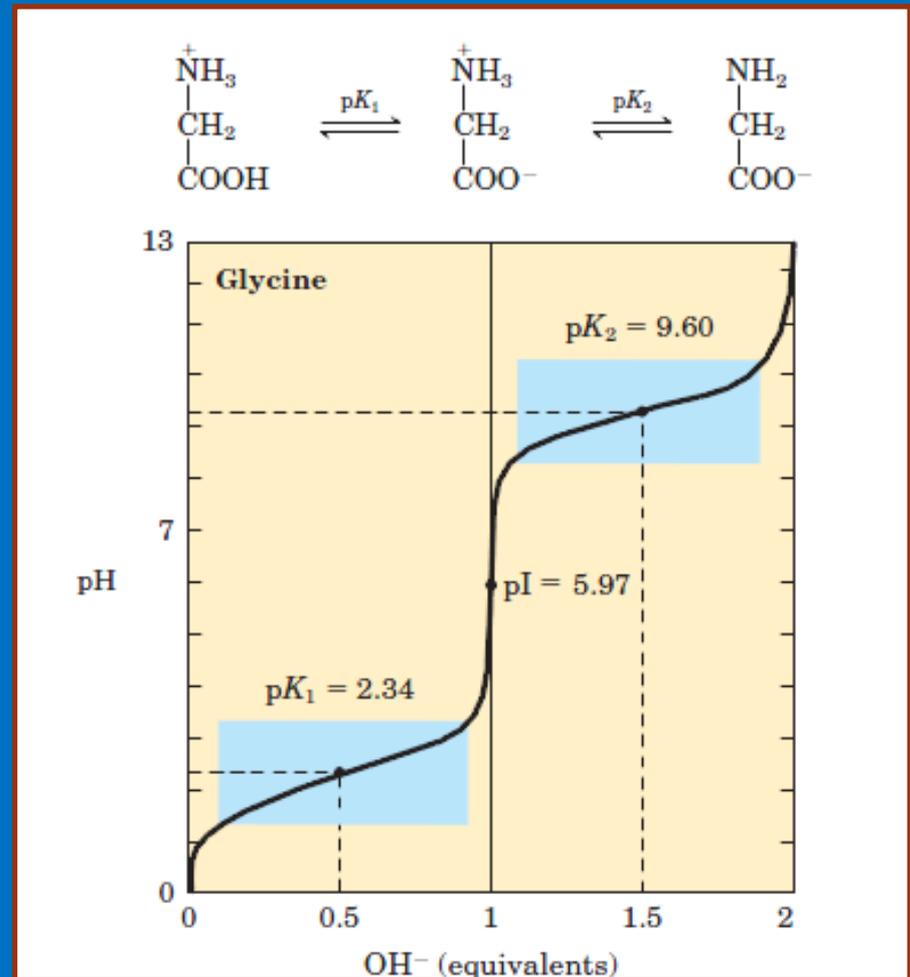
# Os aminoácidos podem ser ácidos ou bases

- Os grupos amino e carboxila dos aminoácidos funcionam como bases ou ácidos fracos.
- Quando um aminoácido sem um grupo R ionizável é dissolvido em meio aquoso com pH neutro, ele pode ser encontrado com um íon dipolar ou zwitteriônico (do alemão, íon híbrido).
- Substâncias com propriedades de ácido e bases são conhecidas como anfotéricas ou anfólicas.



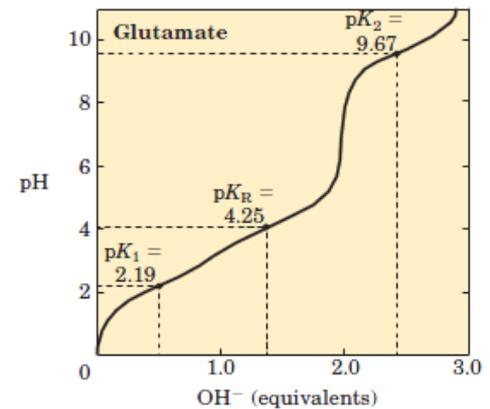
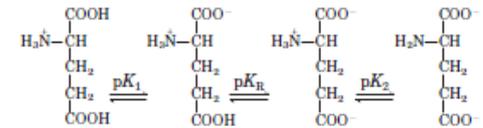
# Aminoácidos podem ser titulados: pKa

- Os 20 aminoácidos podem ser titulados com ácidos ou bases fracas.
- A análise das curvas de titulação indicam os pKas dos aminoácidos.
- O ponto onde a soma das cargas totais de um aminoácido é zero e chamado de ponto isoelétrico (pI).

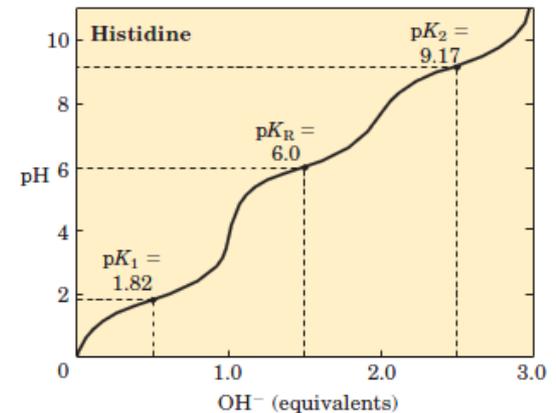
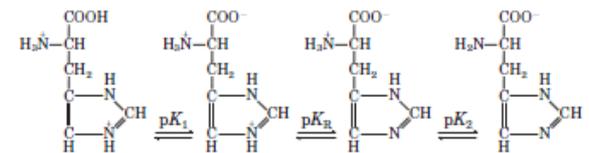


# Aminoácidos com cadeias laterais ionizáveis

- Os grupos ionizáveis das cadeias laterais de alguns aminoácidos também podem ser titulados.



(a)



(b)

**TABLE 3-1** Properties and Conventions Associated with the Common Amino Acids Found in Proteins

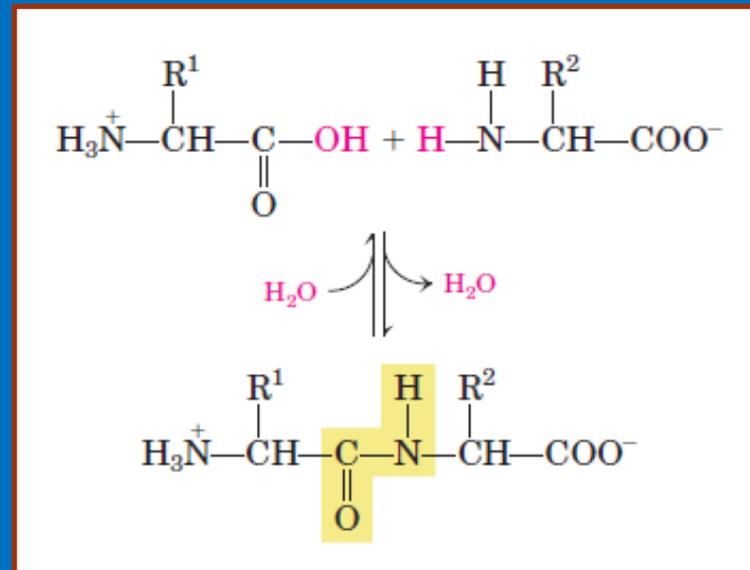
Amino acid	Abbreviation/ symbol	$M_r$	$pK_a$ values			$pI$	Hydropathy index*	Occurrence in proteins (%) <sup>†</sup>
			$pK_1$ (—COOH)	$pK_2$ (—NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	$pK_R$ (R group)			
<b>Nonpolar, aliphatic</b>								
<b>R groups</b>								
Glycine	Gly G	75	2.34	9.60		5.97	-0.4	7.2
Alanine	Ala A	89	2.34	9.69		6.01	1.8	7.8
Proline	Pro P	115	1.99	10.96		6.48	1.6	5.2
Valine	Val V	117	2.32	9.62		5.97	4.2	6.6
Leucine	Leu L	131	2.36	9.60		5.98	3.8	9.1
Isoleucine	Ile I	131	2.36	9.68		6.02	4.5	5.3
Methionine	Met M	149	2.28	9.21		5.74	1.9	2.3
<b>Aromatic R groups</b>								
Phenylalanine	Phe F	165	1.83	9.13		5.48	2.8	3.9
Tyrosine	Tyr Y	181	2.20	9.11	10.07	5.66	-1.3	3.2
Tryptophan	Trp W	204	2.38	9.39		5.89	-0.9	1.4
<b>Polar, uncharged</b>								
<b>R groups</b>								
Serine	Ser S	105	2.21	9.15		5.68	-0.8	6.8
Threonine	Thr T	119	2.11	9.62		5.87	-0.7	5.9
Cysteine	Cys C	121	1.96	10.28	8.18	5.07	2.5	1.9
Asparagine	Asn N	132	2.02	8.80		5.41	-3.5	4.3
Glutamine	Gln Q	146	2.17	9.13		5.65	-3.5	4.2
<b>Positively charged</b>								
<b>R groups</b>								
Lysine	Lys K	146	2.18	8.95	10.53	9.74	-3.9	5.9
Histidine	His H	155	1.82	9.17	6.00	7.59	-3.2	2.3
Arginine	Arg R	174	2.17	9.04	12.48	10.76	-4.5	5.1
<b>Negatively charged</b>								
<b>R groups</b>								
Aspartate	Asp D	133	1.88	9.60	3.65	2.77	-3.5	5.3
Glutamate	Glu E	147	2.19	9.67	4.25	3.22	-3.5	6.3

**TABLE 3-1 Properties and Conventions Associated with the Common Amino Acids Found in Proteins**

Amino acid	Abbreviation/ symbol	$M_r$	$pK_a$ values			$pI$	Hydropathy index*	Occurrence in proteins (%) <sup>†</sup>
			$pK_1$ (—COOH)	$pK_2$ (—NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> )	$pK_R$ (R group)			
<b>Nonpolar, aliphatic</b>								
<b>R groups</b>								
Glycine	Gly G	75	2.34	9.60		5.97	-0.4	7.2
Alanine	Ala A	89	2.34	9.69		6.01	1.8	7.8
Proline	Pro P	115	1.99	10.96		6.48	1.6	5.2
Valine	Val V	117	2.32	9.62		5.97	4.2	6.6
Leucine	Leu L	131	2.36	9.60		5.98	3.8	9.1
Isoleucine	Ile I	131	2.36	9.68		6.02	4.5	5.3
Methionine	Met M	149	2.28	9.21		5.74	1.9	2.3
<b>Aromatic R groups</b>								
Phenylalanine	Phe F	165	1.83	9.13		5.48	2.8	3.9
Tyrosine	Tyr Y	181	2.20	9.11	10.07	5.66	-1.3	3.2
Tryptophan	Trp W	204	2.38	9.39		5.89	-0.9	1.4
<b>Polar, uncharged</b>								
<b>R groups</b>								
Serine	Ser S	105	2.21	9.15		5.68	-0.8	6.8
Threonine	Thr T	119	2.11	9.62		5.87	-0.7	5.9
Cysteine	Cys C	121	1.96	10.28	8.18	5.07	2.5	1.9
Asparagine	Asn N	132	2.02	8.80		5.41	-3.5	4.3
Glutamine	Gln Q	146	2.17	9.13		5.65	-3.5	4.2
<b>Positively charged</b>								
<b>R groups</b>								
Lysine	Lys K	146	2.18	8.95	10.53	9.74	-3.9	5.9
Histidine	His H	155	1.82	9.17	6.00	7.59	-3.2	2.3
Arginine	Arg R	174	2.17	9.04	12.48	10.76	-4.5	5.1
<b>Negatively charged</b>								
<b>R groups</b>								
Aspartate	Asp D	133	1.88	9.60	3.65	2.77	-3.5	5.3
Glutamate	Glu E	147	2.19	9.67	4.25	3.22	-3.5	6.3

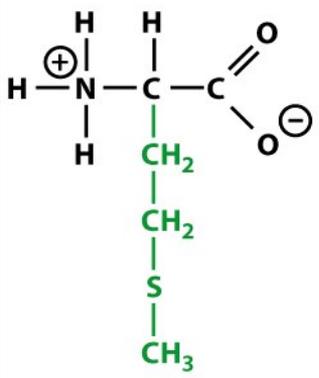
# Aminoácidos e a ligação peptídica

- Os aminoácidos são as unidades constituintes dos peptídios e proteínas.
- Peptídios e proteínas são POLÍMEROS compostos de aminoácidos ligados uns ao outros através de uma ligação peptídica.
- A ligação peptídica consiste da remoção de uma molécula de água pela condensação do grupo  $\alpha$ -amino do aminoácido com grupo carboxil do outro aminoácido.

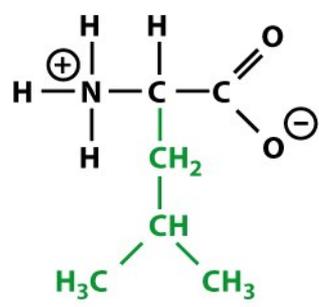


Ligação peptídica

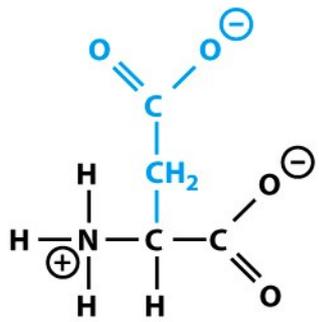
methionine (Met)



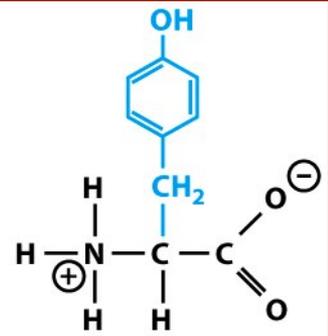
leucine (Leu)



aspartic acid (Asp)



tyrosine (Tyr)

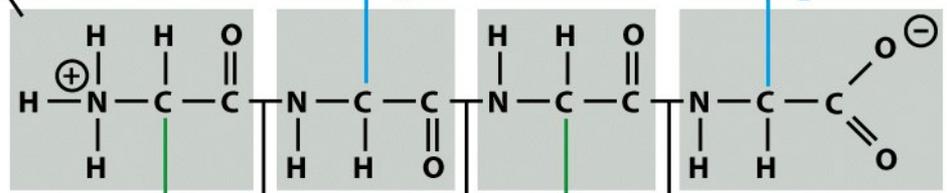


polypeptide backbone

side chains

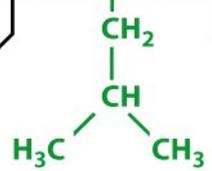
amino terminus or N-terminus

carboxyl terminus or C-terminus



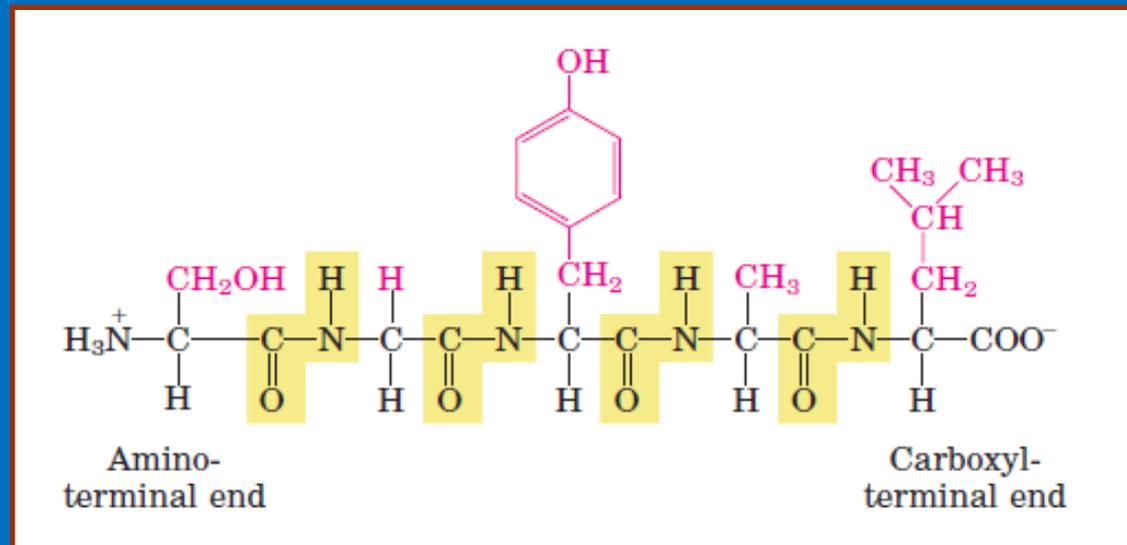
peptide bonds

peptide bond



# Aminoácidos: peptídios, polipeptídios e proteínas

- Quando 2 aminoácidos são unidos por uma ligação peptídica, temos a formação de um dipeptídio. Quando um terceiro aminoácido é unido a este dipeptídio, o resultado é a formação de um tripeptídio, etc. Uma sequência de aminoácidos é chamada de polipeptídios.



# Aminoácidos: peptídios, polipeptídios e proteínas

- Por convenção, a sequência de peptídios e proteínas é representada utilizando-se o código de uma ou três letras de aminoácidos começando pelo resíduo amino-terminal.

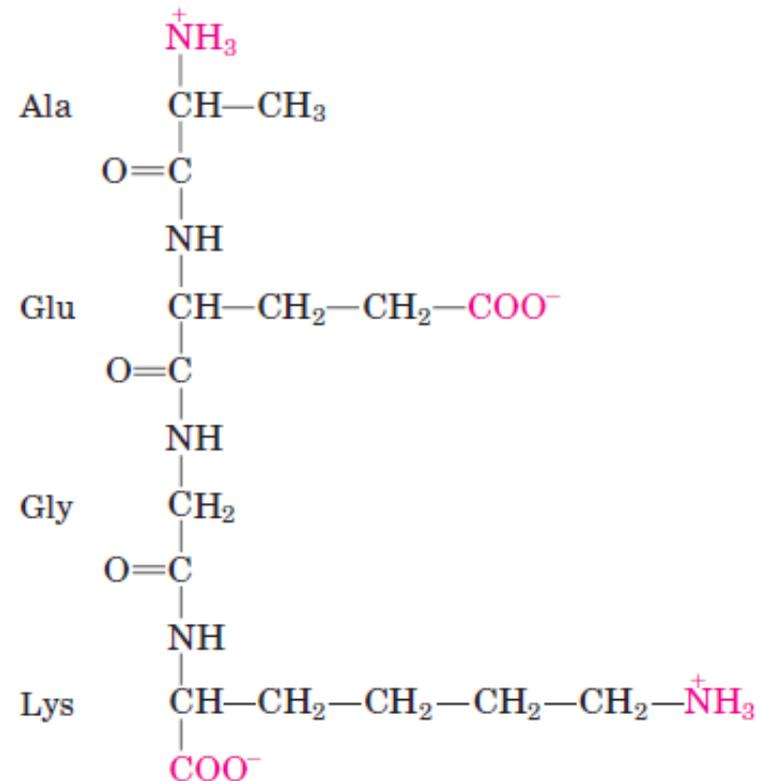
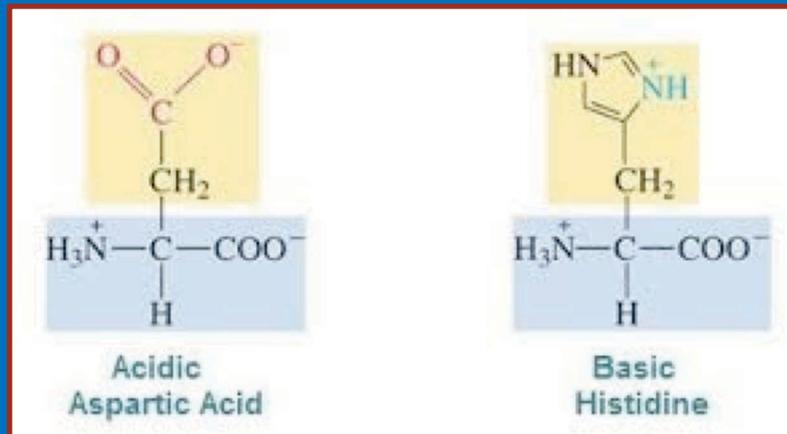
NH<sub>2</sub>-Gly-Ala-Glu-Gly-Gly-Arg-Thr-Pro-Pro-Ala-Val-Gly-Ile-Ile-Trp-Phe-Ala-COOH

OU

GAEGGRTPPAVGIIWFA

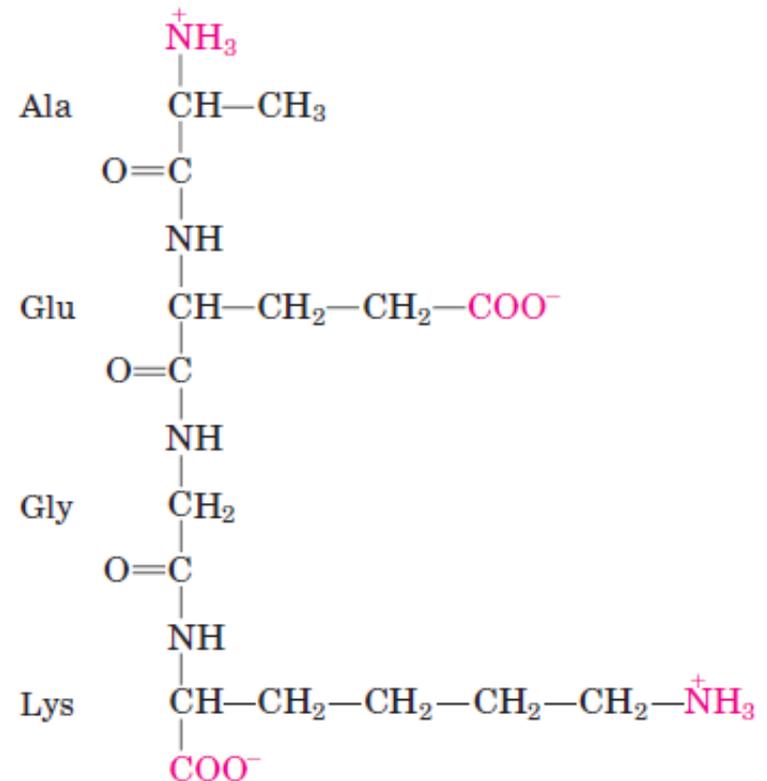
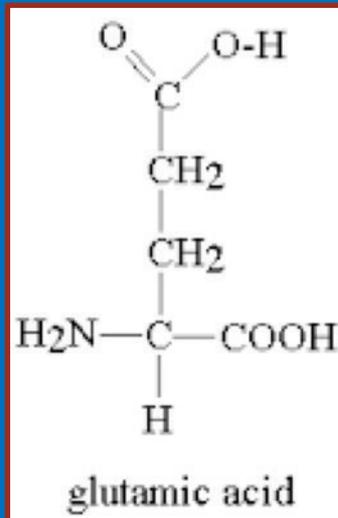
# Grupos ionizáveis

- Peptídios e proteínas apresentam pelo menos dois grupos ionizáveis: o amino e o carboxi terminal.
- Os grupos  $\alpha$ -amino e carboxila dos demais aminoácidos que agora participam da ligação peptídica não podem mais se ionizar.
- Porém, grupos carboxi ou amino presentes nas cadeias laterais dos aminoácidos podem contribuir para a ionização de um peptídio ou proteína.



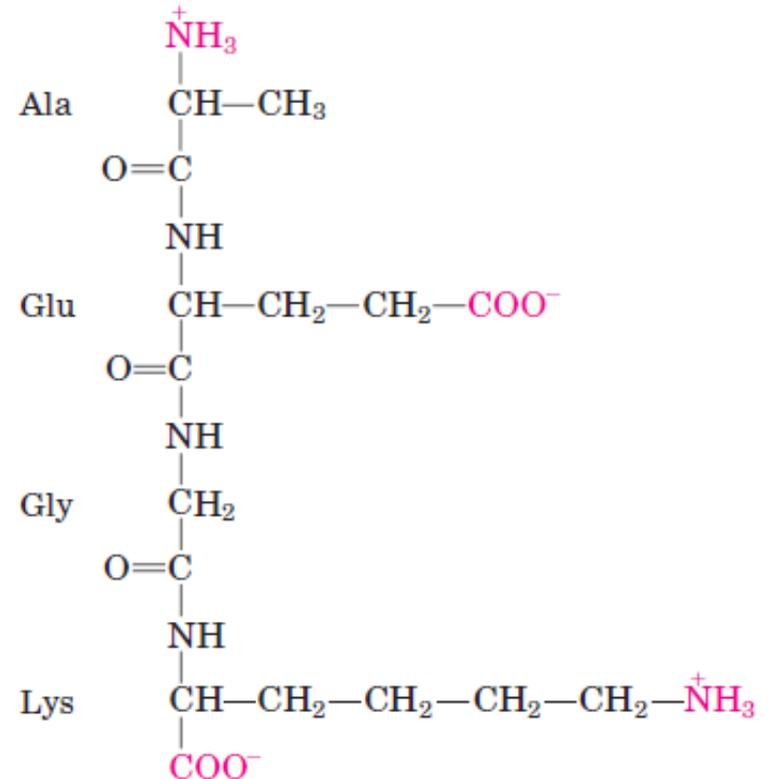
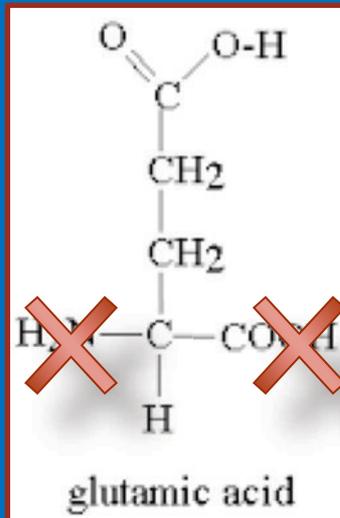
# Grupos ionizáveis

- Peptídios e proteínas apresentam pelo menos dois grupos ionizáveis: o amino e o carboxi terminal.
- Os grupos  $\alpha$ -amino e carboxila dos demais aminoácidos que agora participam da ligação peptídica não podem mais se ionizar.
- Porém, grupos carboxi ou amino presentes nas cadeias laterais dos aminoácidos podem contribuir para a ionização de um peptídeo ou proteína.



# Grupos ionizáveis

- Peptídios e proteínas apresentam pelo menos dois grupos ionizáveis: o amino e o carboxi terminal.
- Os grupos  $\alpha$ -amino e carboxila dos demais aminoácidos que agora participam da ligação peptídica não podem mais se ionizar.
- Porém, grupos carboxi ou amino presentes nas cadeias laterais dos aminoácidos podem contribuir para a ionização de um peptídio ou proteína.

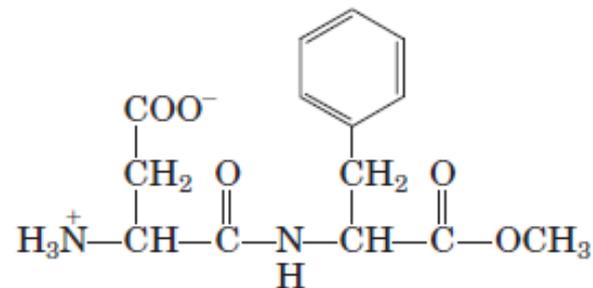


# Peptídios e proteínas podem ter tamanhos e composições variáveis

- Proteínas e peptídios podem apresentar tamanhos variáveis: desde 2 aminoácidos (aspartame) até mais de 26.000 resíduos!
- As proteínas podem ainda apresentar mais de uma cadeia polipeptídica (ou subunidades).
- O peso molecular de uma proteína pode ser calculado com base na sua composição.
- Outro método é multiplicar o número de resíduos de uma proteína por 110. Apesar do peso médio dos 20 aminoácidos que compõem as proteínas ser de 138, aminoácidos mais leves são os mais abundantes.

TABLE 3-2 Molecular Data on Some Proteins

	Molecular weight	Number of residues	Number of polypeptide chains
Cytochrome c (human)	13,000	104	1
Ribonuclease A (bovine pancreas)	13,700	124	1
Lysozyme (chicken egg white)	13,930	129	1
Myoglobin (equine heart)	16,890	153	1
Chymotrypsin (bovine pancreas)	21,600	241	3
Chymotrypsinogen (bovine)	22,000	245	1
Hemoglobin (human)	64,500	574	4
Serum albumin (human)	68,500	609	1
Hexokinase (yeast)	102,000	972	2
RNA polymerase ( <i>E. coli</i> )	450,000	4,158	5
Apolipoprotein B (human)	513,000	4,536	1
Glutamine synthetase ( <i>E. coli</i> )	619,000	5,628	12
Titin (human)	2,993,000	26,926	1



L-Aspartyl-L-phenylalanine methyl ester  
(aspartame)

# Peptídios e proteínas podem ter tamanhos e composições variáveis

- As diferentes proteínas e peptídios produzidos pelas células têm composição diferentes.
- Proteínas podem ainda conter grupos prostéticos, formando o que chamamos de proteínas conjugadas.

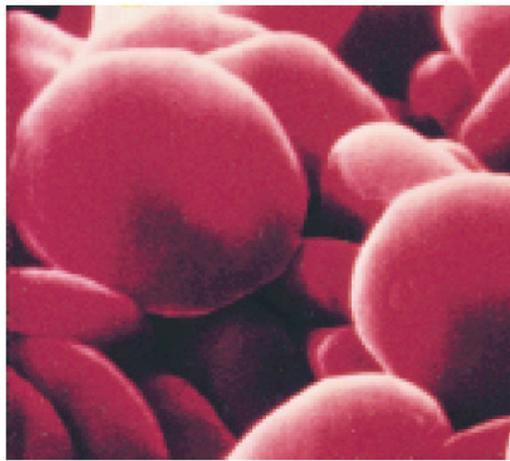
**TABLE 3-4 Conjugated Proteins**

<i>Class</i>	<i>Prosthetic group</i>	<i>Example</i>
Lipoproteins	Lipids	$\beta_1$ -Lipoprotein of blood
Glycoproteins	Carbohydrates	Immunoglobulin G
Phosphoproteins	Phosphate groups	Casein of milk
Hemoproteins	Heme (iron porphyrin)	Hemoglobin
Flavoproteins	Flavin nucleotides	Succinate dehydrogenase
Metalloproteins	Iron	Ferritin
	Zinc	Alcohol dehydrogenase
	Calcium	Calmodulin
	Molybdenum	Dinitrogenase
	Copper	Plastocyanin

**TABLE 3-3 Amino Acid Composition of Two Proteins**

<i>Amino acid</i>	<i>Number of residues per molecule of protein*</i>	
	<i>Bovine cytochrome c</i>	<i>Bovine chymotrypsinogen</i>
Ala	6	22
Arg	2	4
Asn	5	15
Asp	3	8
Cys	2	10
Gln	3	10
Glu	9	5
Gly	14	23
His	3	2
Ile	6	10
Leu	6	19
Lys	18	14
Met	2	2
Phe	4	6
Pro	4	9
Ser	1	28
Thr	8	23
Trp	1	8
Tyr	4	4
Val	3	23
Total	104	245

Diferentes proteínas apresentam atividades biológicas distintas.



# Qual é a dimensão da diversidade biológica?



- O tamanho médio de uma proteína é de 375 aminoácidos.



# Qual é a dimensão da diversidade biológica ?



- O tamanho médio de uma proteína é de 375 aminoácidos.
- Como existem 20 aminoácidos, as possibilidades são de  $20^{375} = 7 \times 10^{487}$  proteínas diferentes.



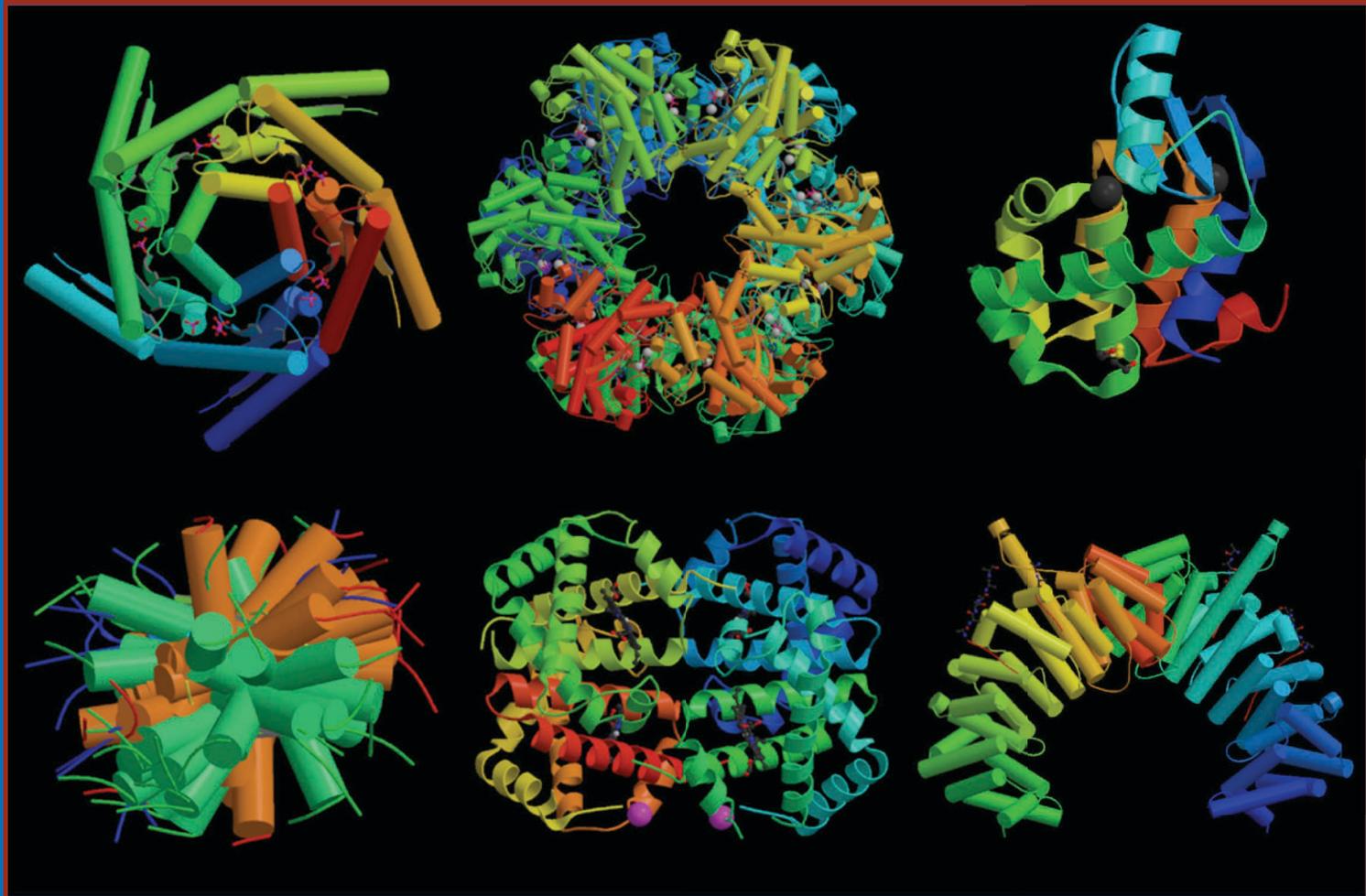
# Qual é a dimensão da diversidade biológica ?



- O tamanho médio de uma proteína é de 375 aminoácidos.
- Como existem 20 aminoácidos, as possibilidades são de  $20^{375} = 7 \times 10^{487}$  proteínas diferentes.
- O número de átomos no universo é estimado em  $\sim 10^{80}$ !

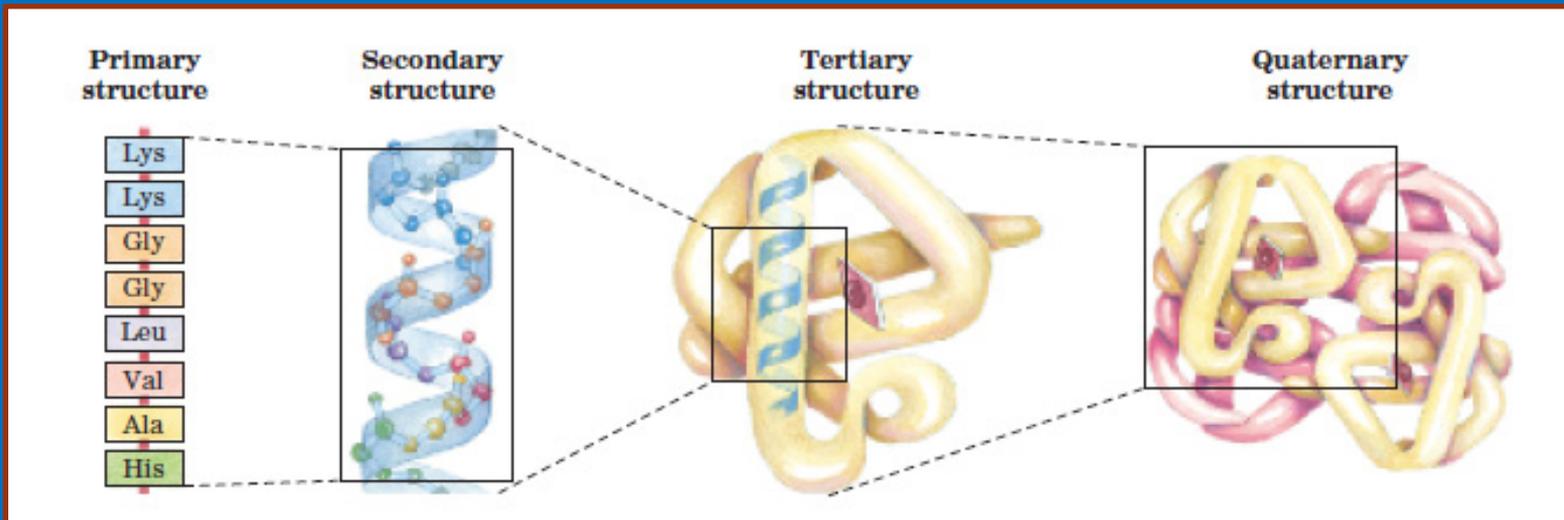


# Estrutura primária, secundária, terciária, etc...



# Estrutura de proteínas

- Proteínas com dezenas ou centenas de aminoácidos poderiam assumir qualquer estrutura no espaço.
- Porém, isto não é o que se observa na prática.
- Cadeias polipeptídicas se organizam em estruturas comuns, dando origem a diversos formatos de proteínas.



# Estrutura primária, secundária, terciária e quaternária

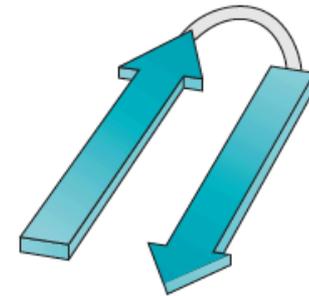
## Primary

— Ser — Ala — Glu — Val — Leu — Arg — Gly —

## Secondary

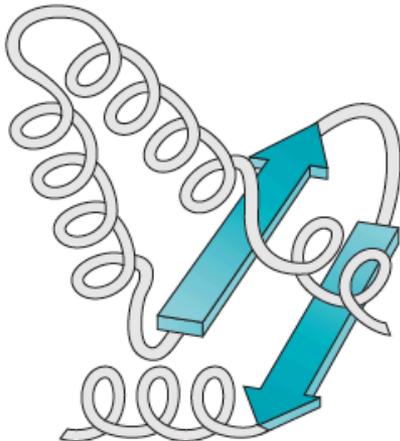


$\alpha$ -helix

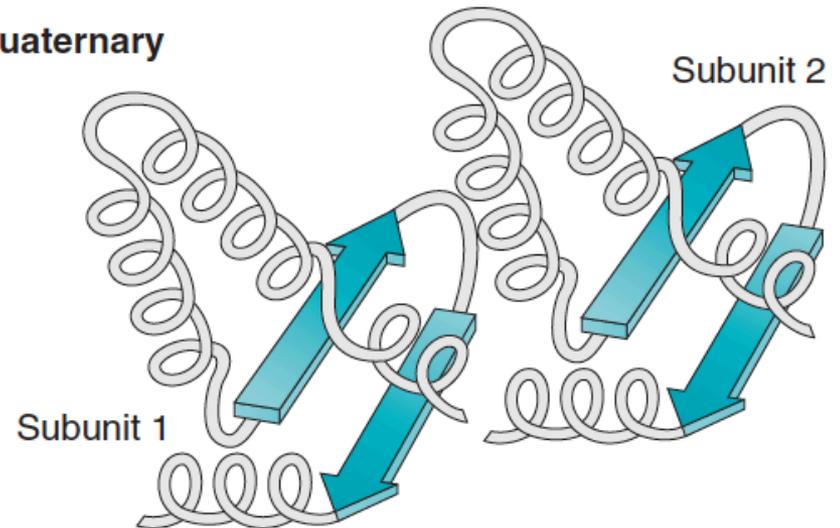


$\beta$ -sheet

## Tertiary



## Quaternary



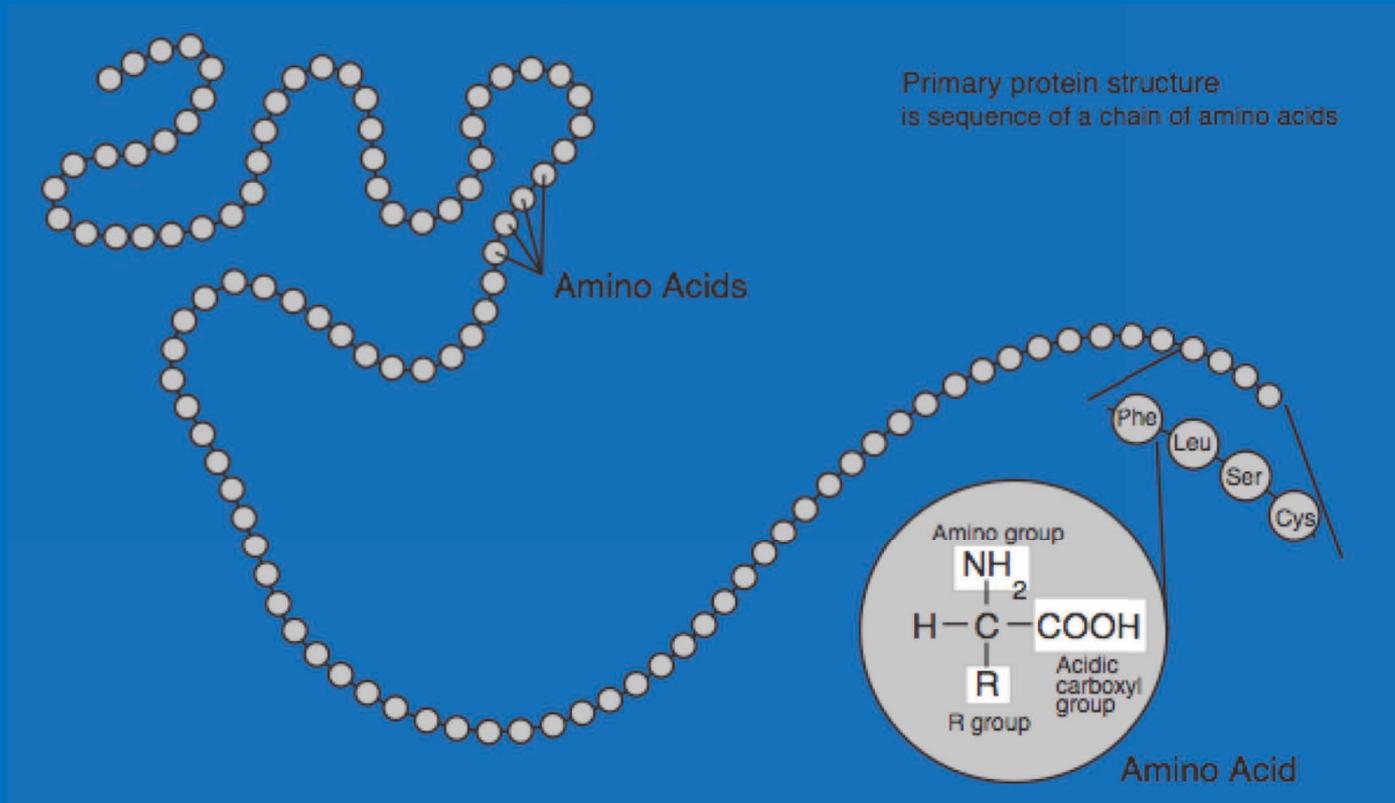
**FIGURE 1-1** Schematic diagram of the primary, secondary, tertiary, and quaternary structure of a protein.



# Estrutura Primária

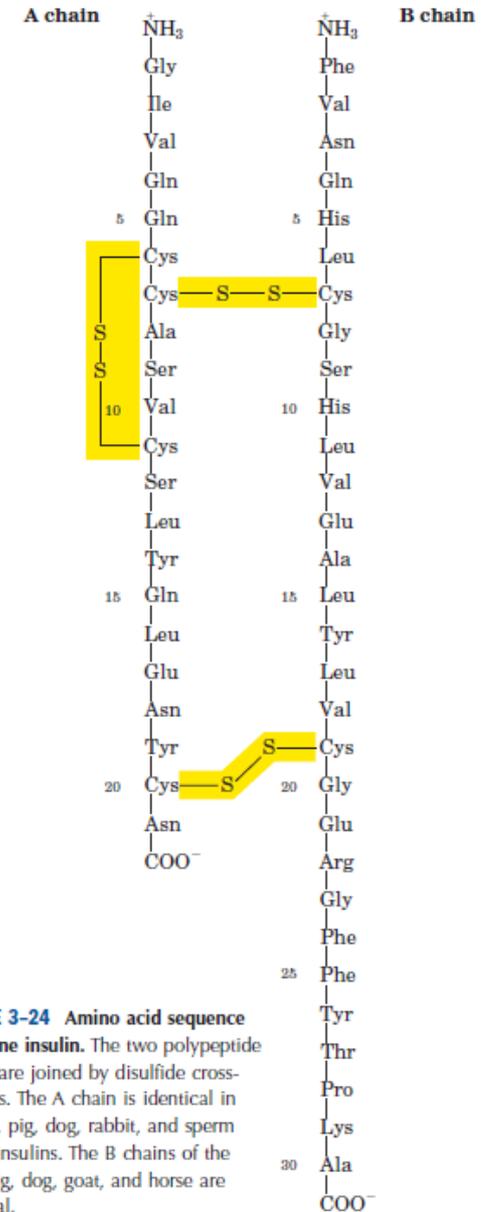
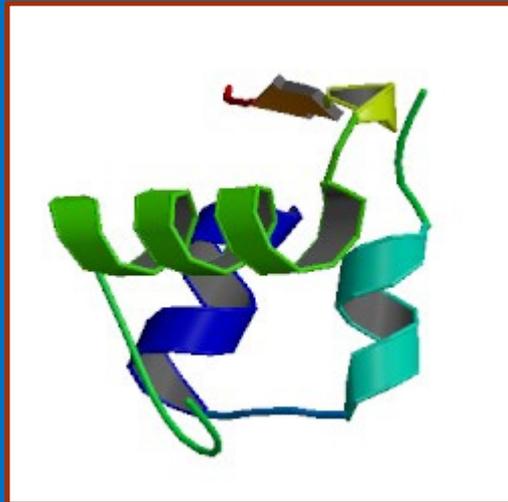
# Estrutura Primária

- A estrutura primária define uma proteína.
- Proteínas distintas, apresentam sequência primária diferentes.



# Insulina com exemplo

- A insulina é uma proteína importante no metabolismo e sinaliza para que o organismo controle a concentração de açúcar no sangue.
- Ela é composta de duas cadeias polipeptídicas unidas por pontes de dissulfeto (pontes de S-S).



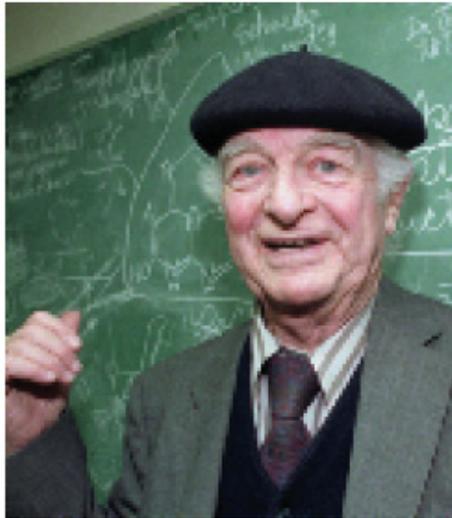
**FIGURE 3-24** Amino acid sequence of bovine insulin. The two polypeptide chains are joined by disulfide cross-linkages. The A chain is identical in human, pig, dog, rabbit, and sperm whale insulins. The B chains of the cow, pig, dog, goat, and horse are identical.



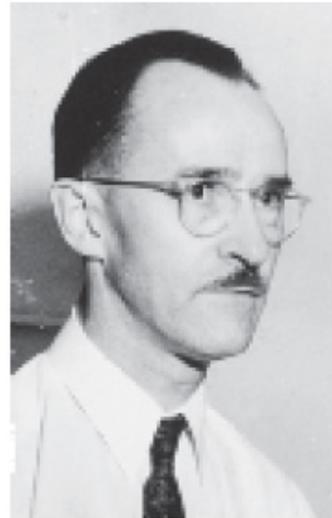
# Estrutura Secundária

# Linus Pauling e Robert Corey

- Linus Pauling e Robert Corey foram os pioneiros no estudo da estrutura de proteínas.
- Analisando a difração de raios-X causada por cristais de dipeptídios e tripeptídios, eles observaram que a ligação peptídica é plana.



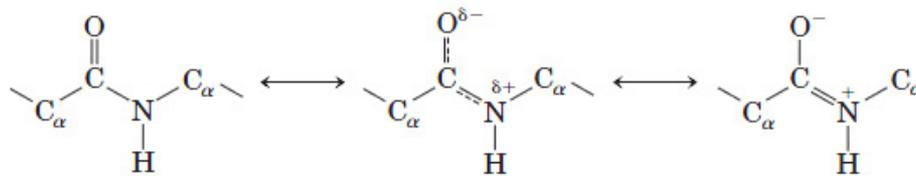
Linus Pauling, 1901–1994



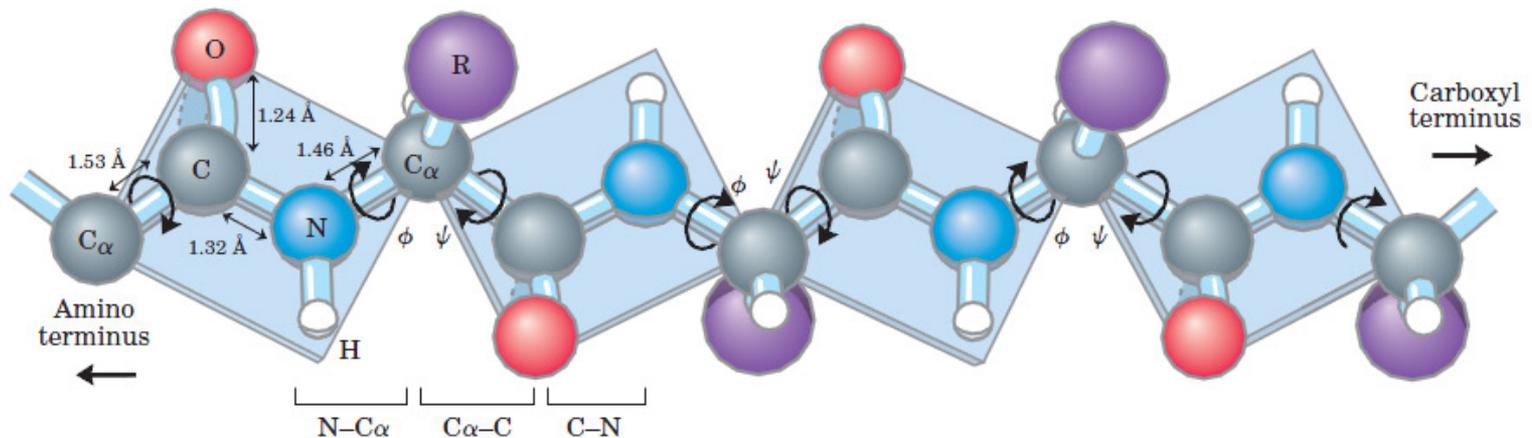
Robert Corey, 1897–1971

# A ligação peptídica é plana

- A ligação peptídica é rígida e plana.
- Isto porquê existe uma ressonância e compartilhamento de elétrons entre os átomos de C, N e O.
- Por isso, a ligação C-N se comporta como uma dupla ligação.



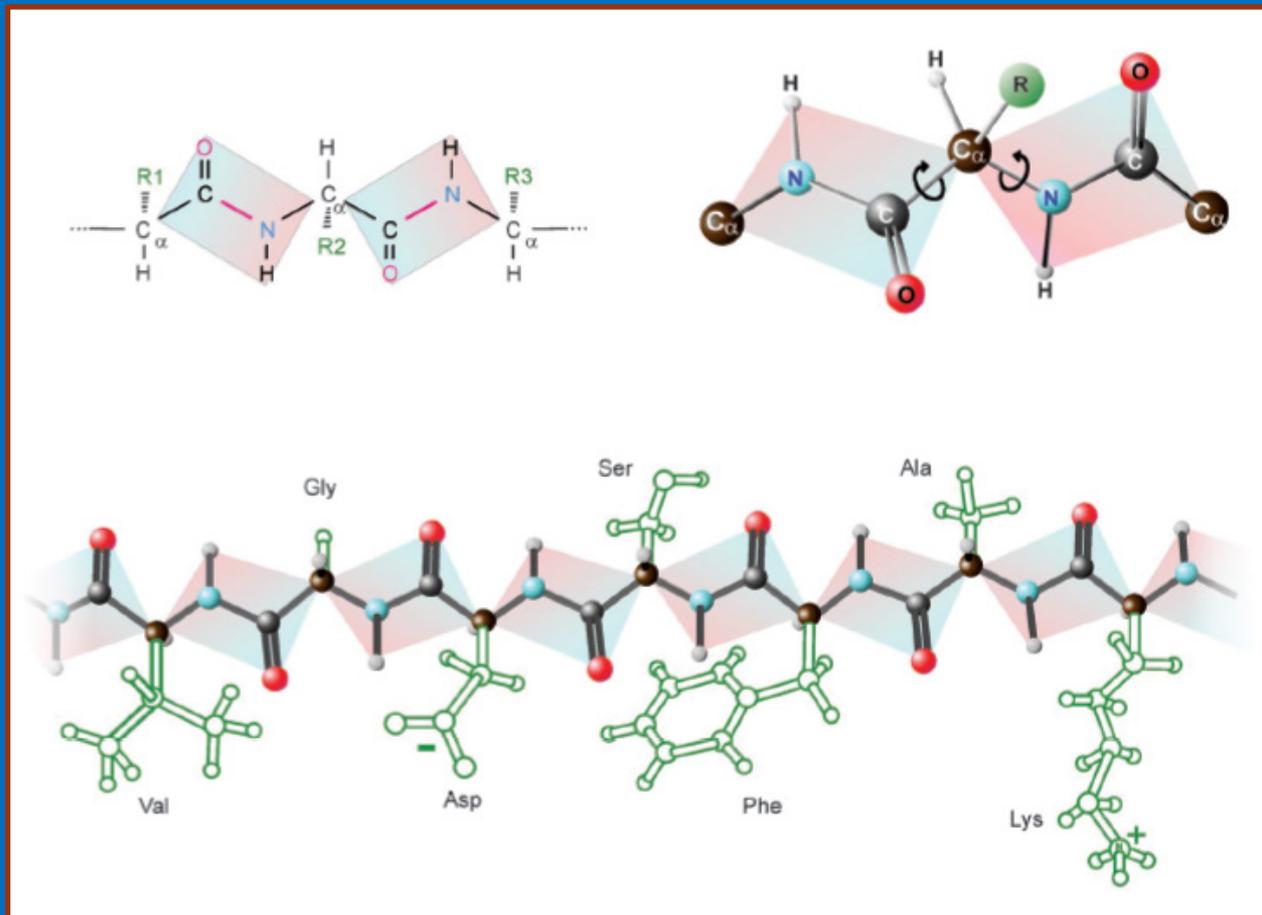
(a)



(b)

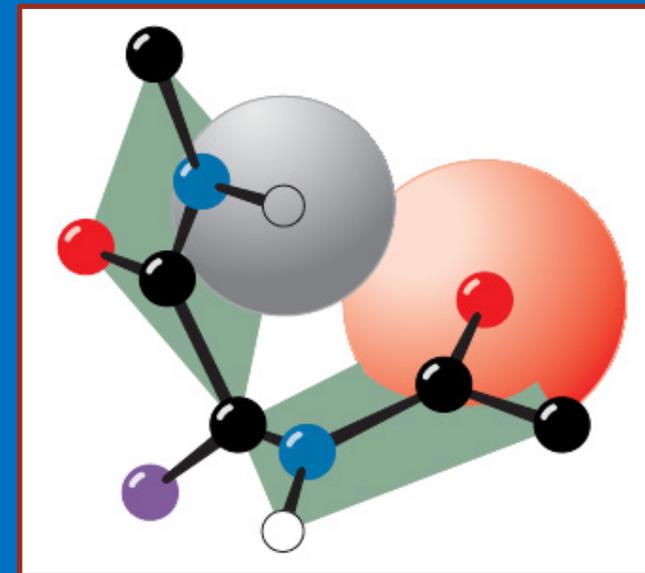
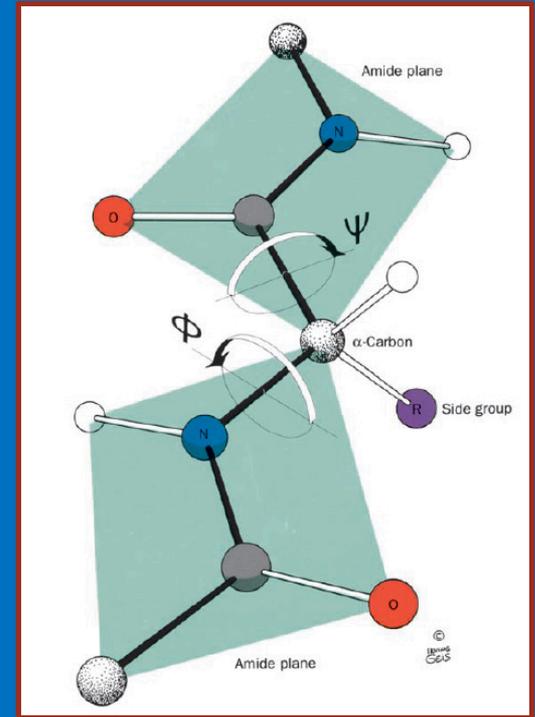
# A cadeia principal e as cadeias laterais de uma proteína

- O conjunto das ligações peptídicas de um polipeptídeo é chamado de cadeia principal.
- Os grupos R dos aminoácidos, são chamados de cadeias laterais.



# Nem todas as estruturas são possíveis....

- O plot da Ramachandran foi criado pelo bioquímico hindu Gopalsamudram Narayana Ramachandran junto com C. Ramakrishnan e Viswanathan Sasisekharan.
- Dois ângulos definem a conformação de um peptídeo:  $\phi$  (phi) para a ligação  $C\alpha$ -N e  $\psi$  (psi) para a ligação  $C\alpha$ -C.
- Os ângulos  $\phi$  e  $\psi$  têm valores fixos.
- Estes valores são devido ao raio atômico e das ligações envolvidas, e também por causa de efeitos estéricos.

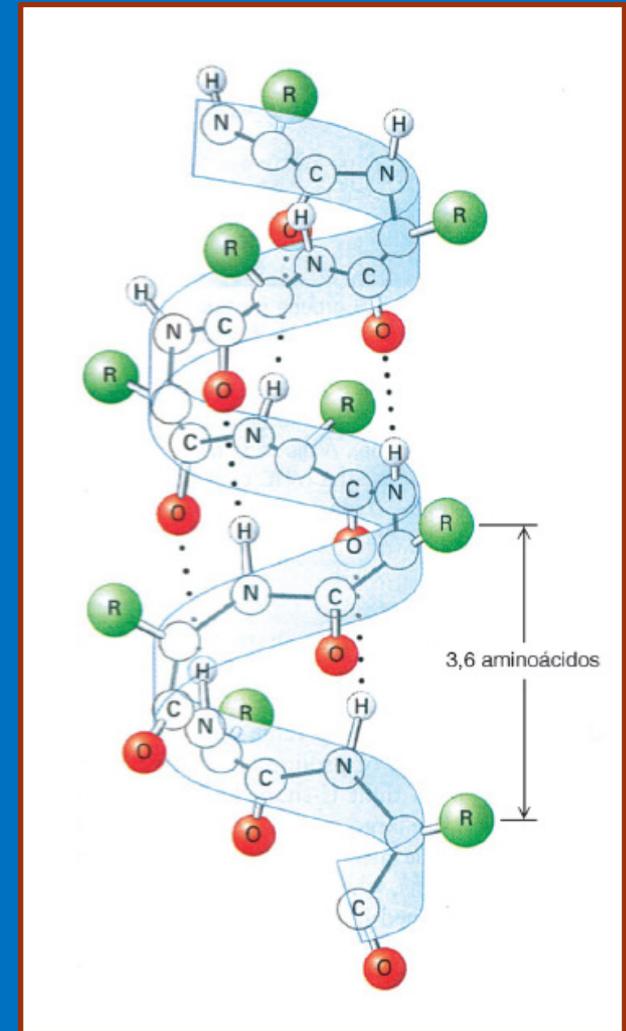
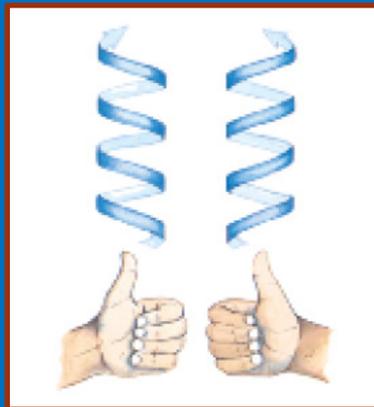






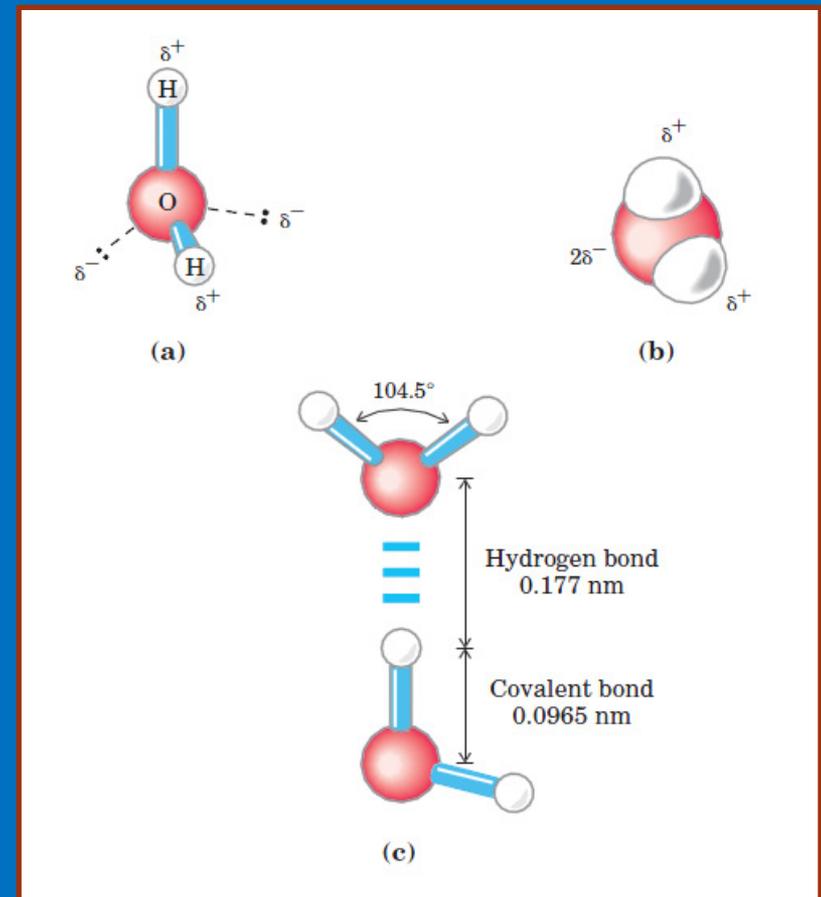
# A organização da cadeia principal determina a estrutura de uma proteínas

- A estrutura secundária de um peptídeo ou proteína se refere a conformação da cadeia principal.
- As duas estruturas mais comuns são a  $\alpha$ -hélice e a folha  $\beta$  pregueada.
- A  $\alpha$ -hélice é quando a cadeia principal se enrola numa espiral de  $\sim 3.6$  voltas.
- Esta estrutura é estabilizada pela formação de ligações de hidrogênio entre os grupos C=O e -NH da ligação peptídica.



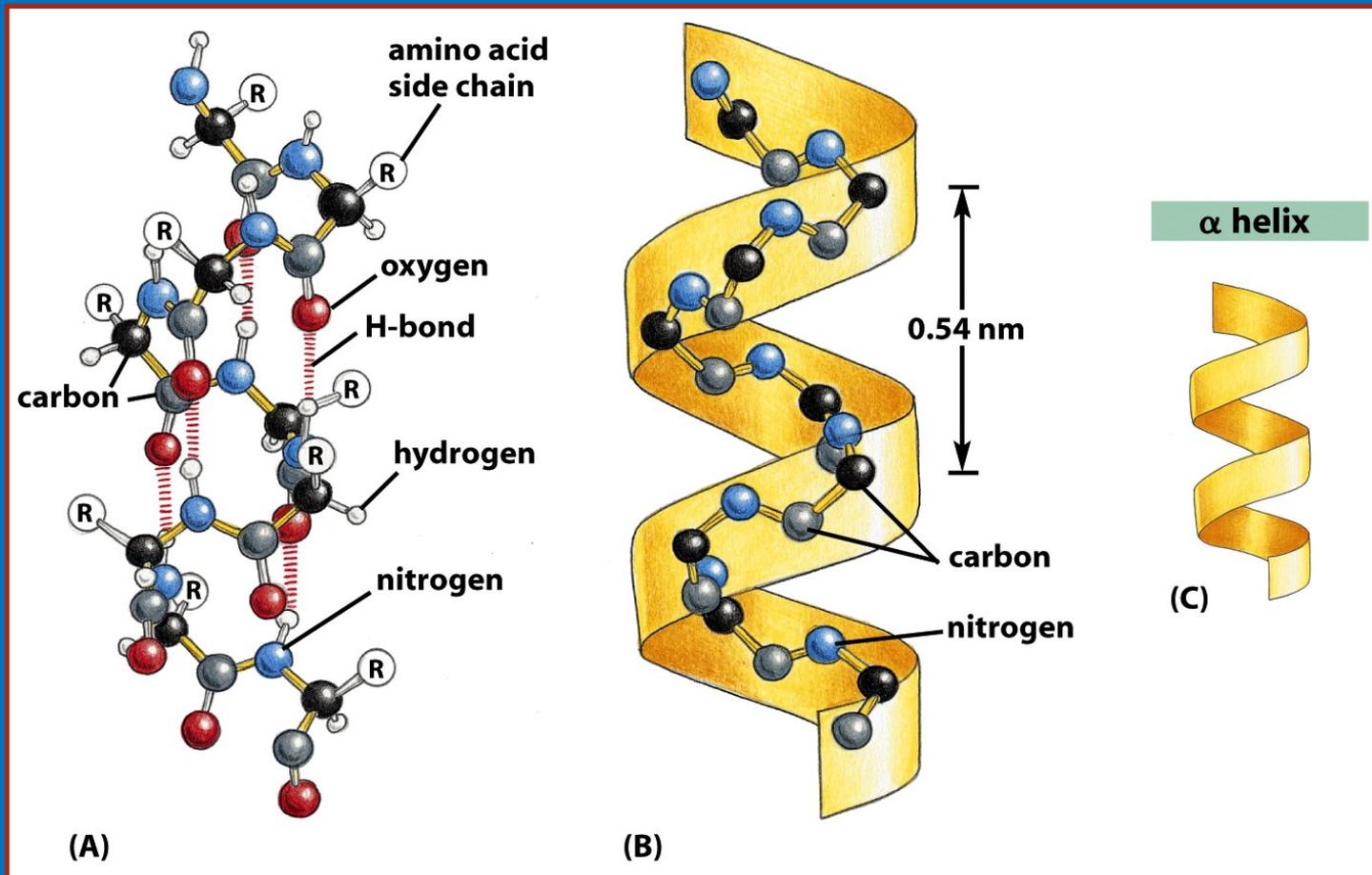
# A ligação de hidrogênio e a estrutura de proteínas

- Cada Hidrogênio carrega uma carga positiva parcial ( $\delta^+$ ) enquanto o átomo de Oxigênio apresenta uma carga negativa parcial cuja soma é equivalente às duas ligações H-O ( $2\delta^-$ ).
- Isto permite a formação da chamada ligação de hidrogênio.
- A ligação de hidrogênio é relativamente fraca: a energia necessária para rompê-la é de apenas 23 kJ/mol (compare com 470 kJ/mol para a ligação O-H ou 348 kJ/mol para a ligação C-C).
- A ligação de hidrogênio é aproximadamente 10% covalente (devido à sobreposição de orbitais) e 90% eletrostática.



# Ligações de hidrogênio estabilizam a conformação de $\alpha$ -hélice

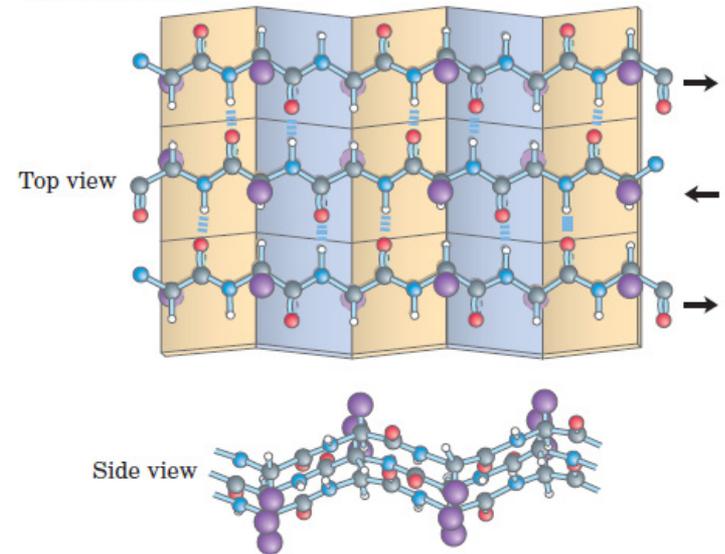
- Na alfa-hélice, a estrutura é estabilizada pela formação de ligações de hidrogênio intra-cadeia.
- Isto é, a esta estrutura é estabilizada pela formação de ligações de hidrogênio entre os grupos C=O e -NH da ligação peptídica.



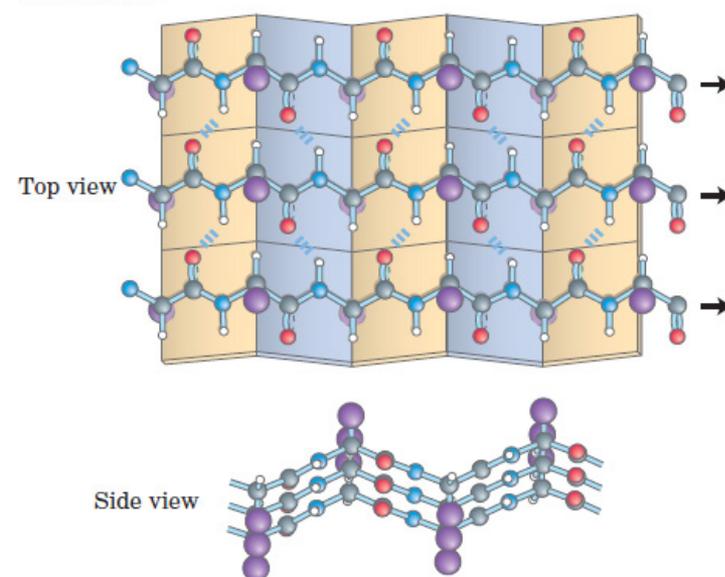
# A folha $\beta$ pregueada

- Pauling e Corey previram, também, um outra conformação possível para a ligação peptídica que eles chamaram de conformação  $\beta$ .
- Esta é uma conformação estendida, e as ligações peptídicas encontram-se em zig-zag.
- Nesta estrutura, as ligações de hidrogênio são formadas entre cadeias principais adjacentes, ao invés de ocorrerem na mesma cadeia, como no caso da  $\alpha$ -hélice.
- Dois tipos de folhas  $\beta$  pregueadas são observadas: anti-paralelas ou paralelas.

(a) Antiparalel

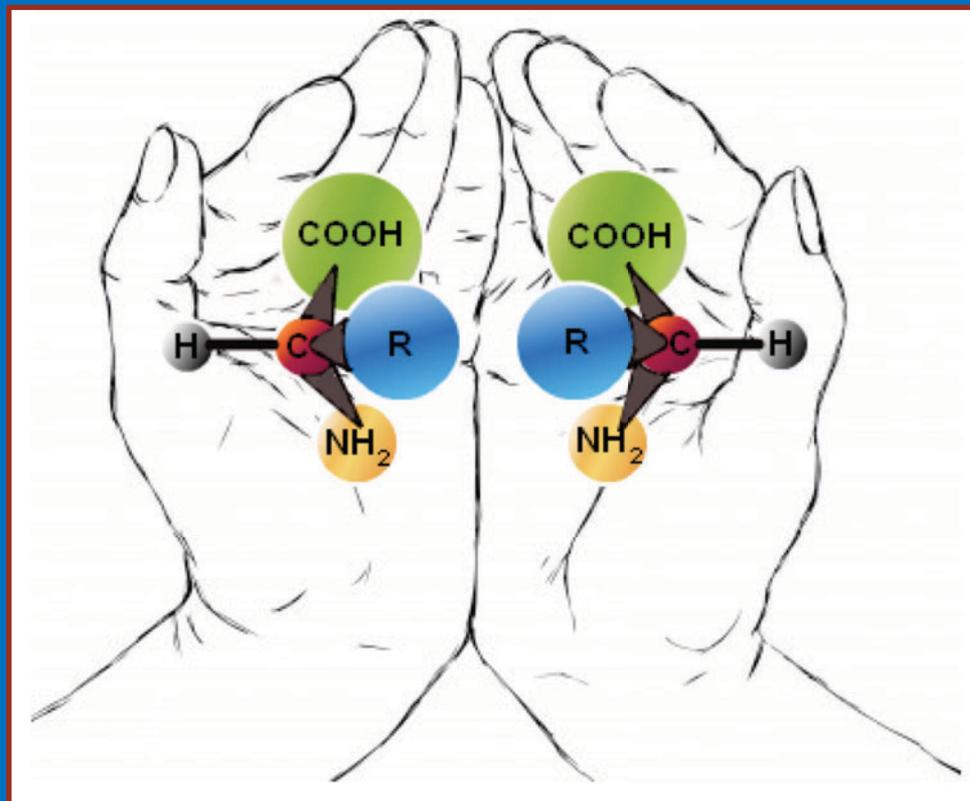


(b) Paralel



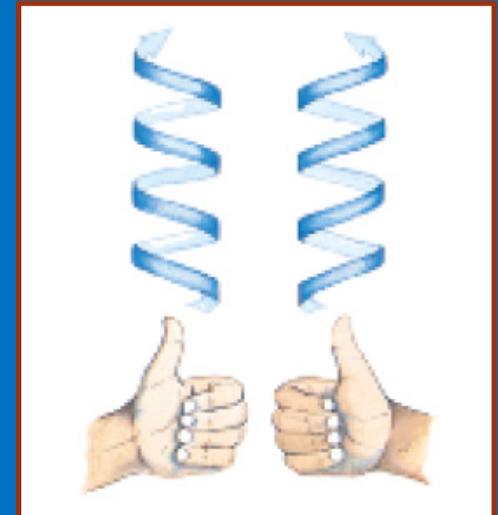
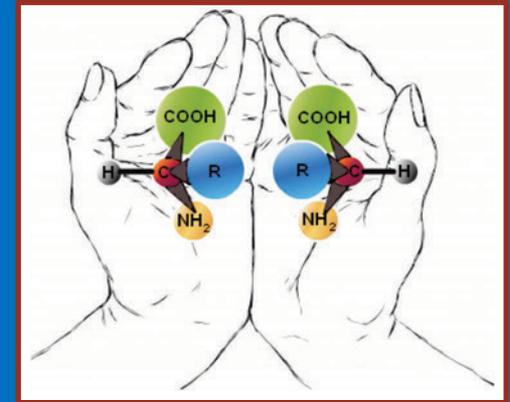
# Estereoisomeria dos aminoácidos

- Com exceção da glicina, o carbono alfa de todos os aminoácidos está ligado a quatro grupos diferentes e é, portanto, um centro quiral na molécula.
- Assim, aminoácidos apresentam estereoisomeria e dois enantiômeros que se não se sobrepõem, e são com imagens no espelho.



# Estrutura secundária e a quiralidade dos aminoácidos

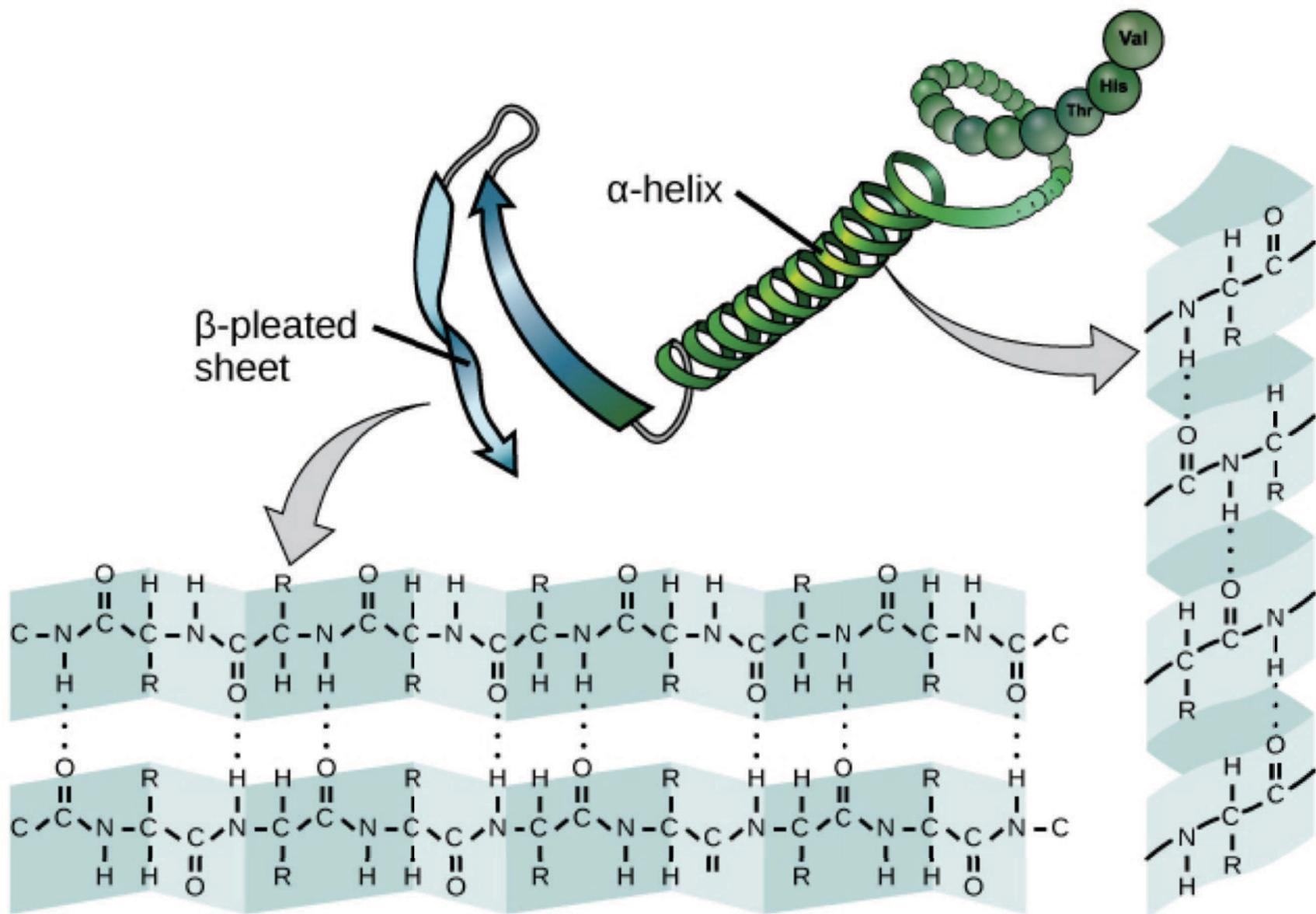
- Todos os aminoácidos encontrados nas proteínas são L-aminoácidos.
- Por que, ainda é um mistério.



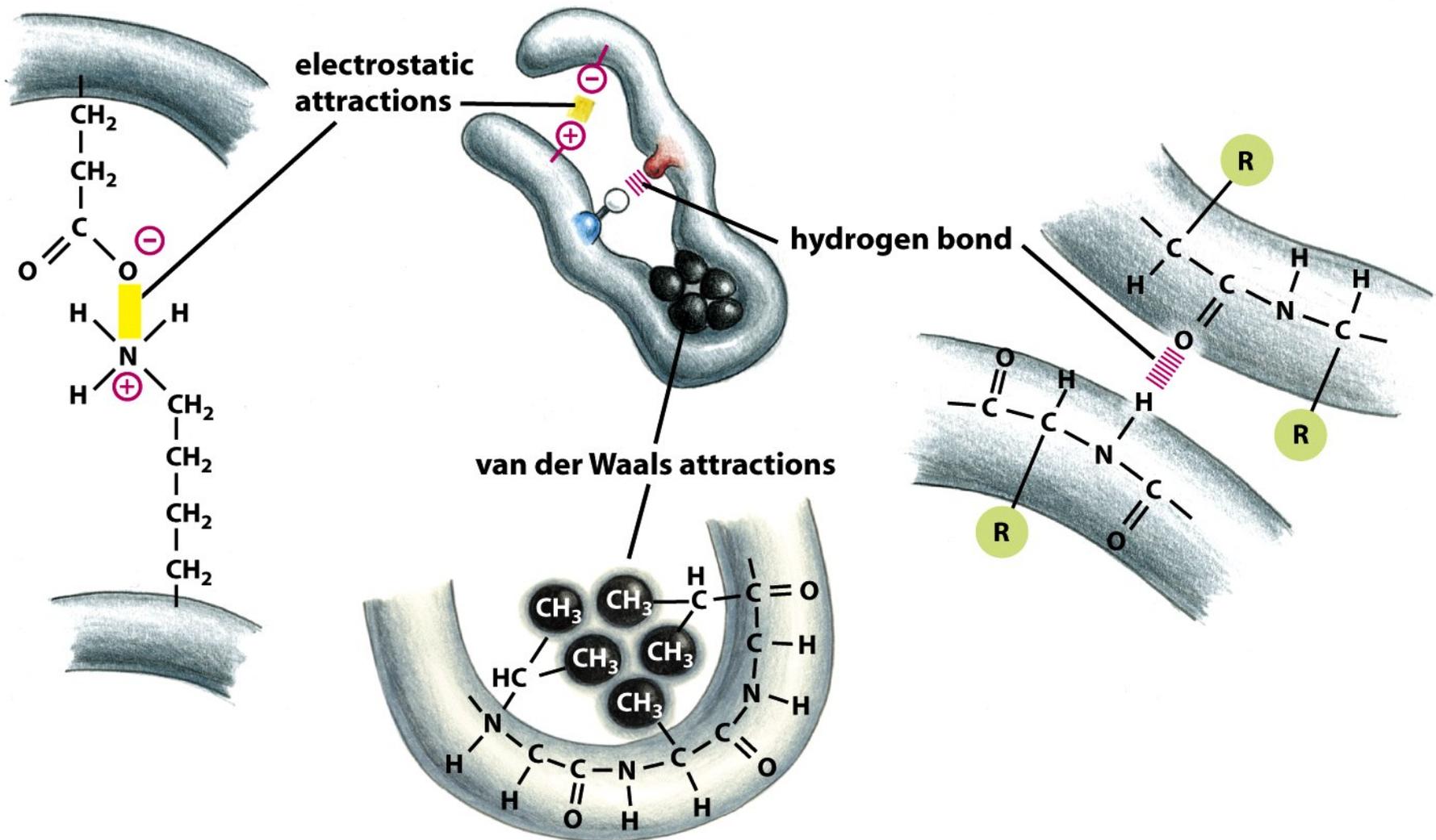


# Estrutura Terciária

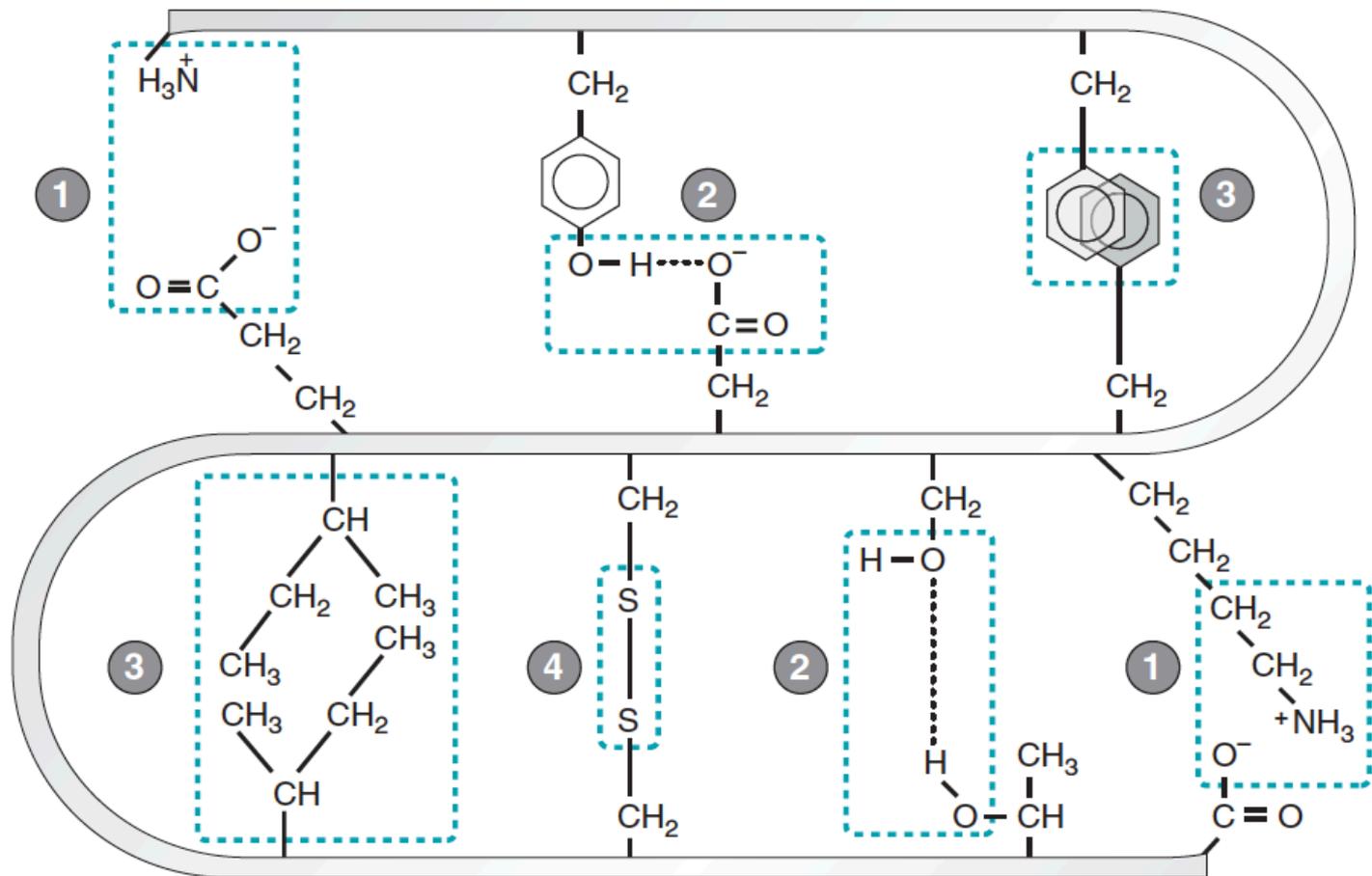
# Estrutura terciária de uma proteína



# A cadeia lateral dos aminoácidos participam da estrutura e função de uma proteína



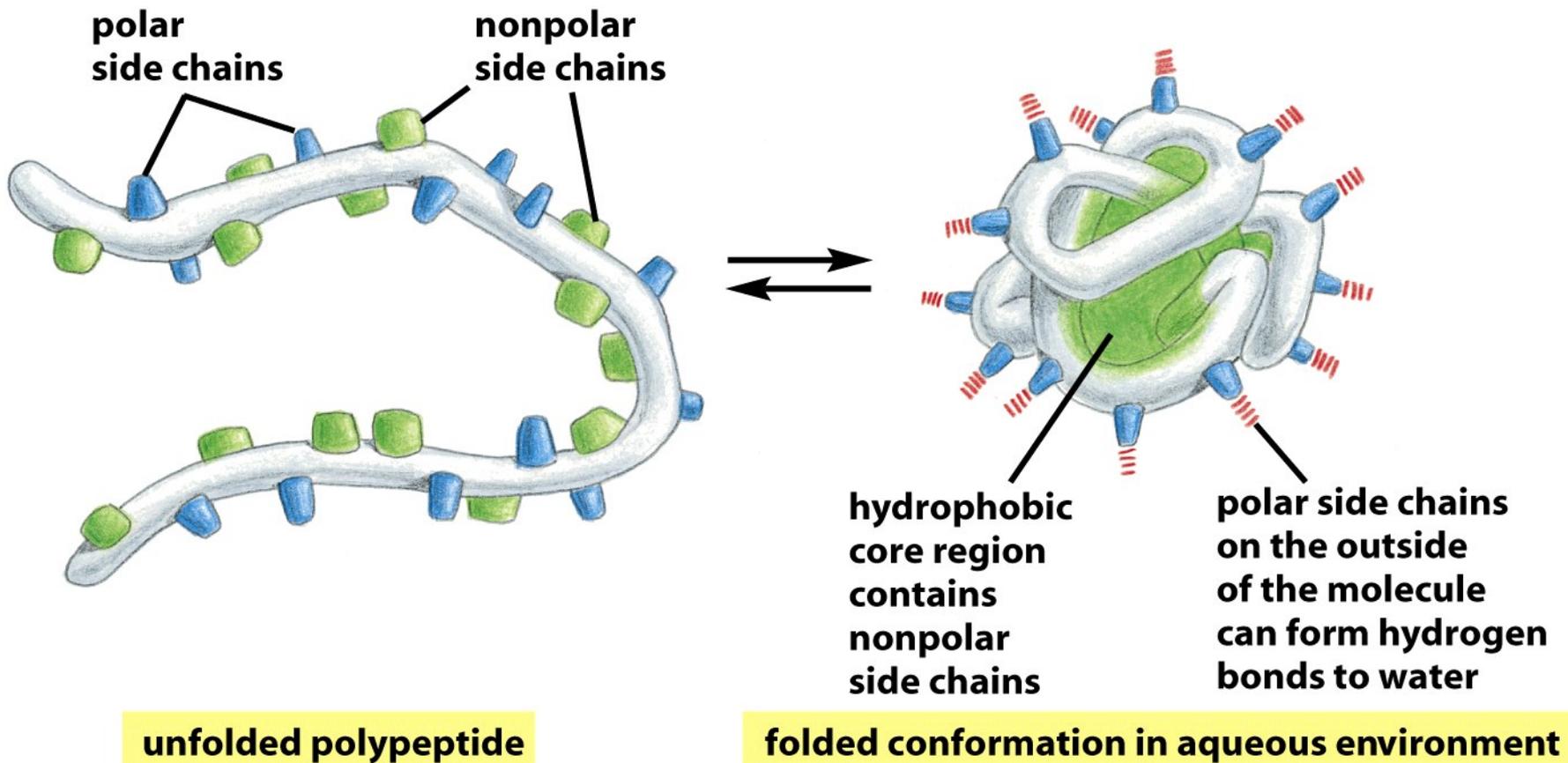
# As interações podem ser iônicas, hidrofóbicas, covantes ou por ligações de hidrogênio



**FIGURE 1-4** Interactions between amino acid residues in a polypeptide chain: (1) electrostatic interactions; (2) hydrogen bonds; (3) hydrophobic interactions; and (4) a disulfide bond.

# A cadeia lateral dos aminoácidos participam da estrutura e função de uma proteína

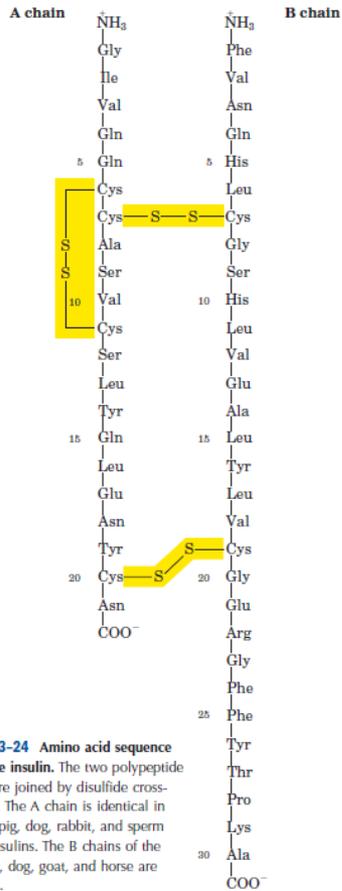
- Duas forças são importantes para o correto "enovelamento" de uma proteína.
- Os aminoácidos hidrofóbicos "fogem" da água e ficam escondidos dentro da proteína.
- Os aminoácidos hidrofílicos, são importantes para manter a proteína em solução e ficam na superfície.





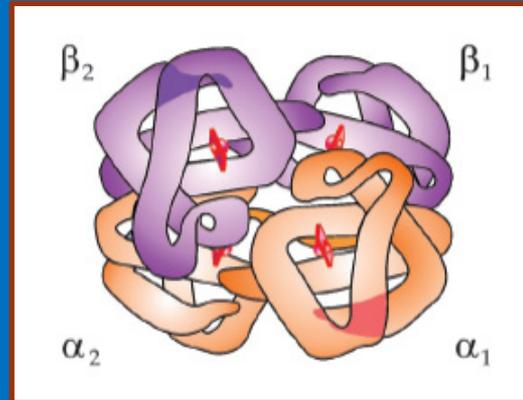
# Estrutura Quaternária

# Estrutura quaternária

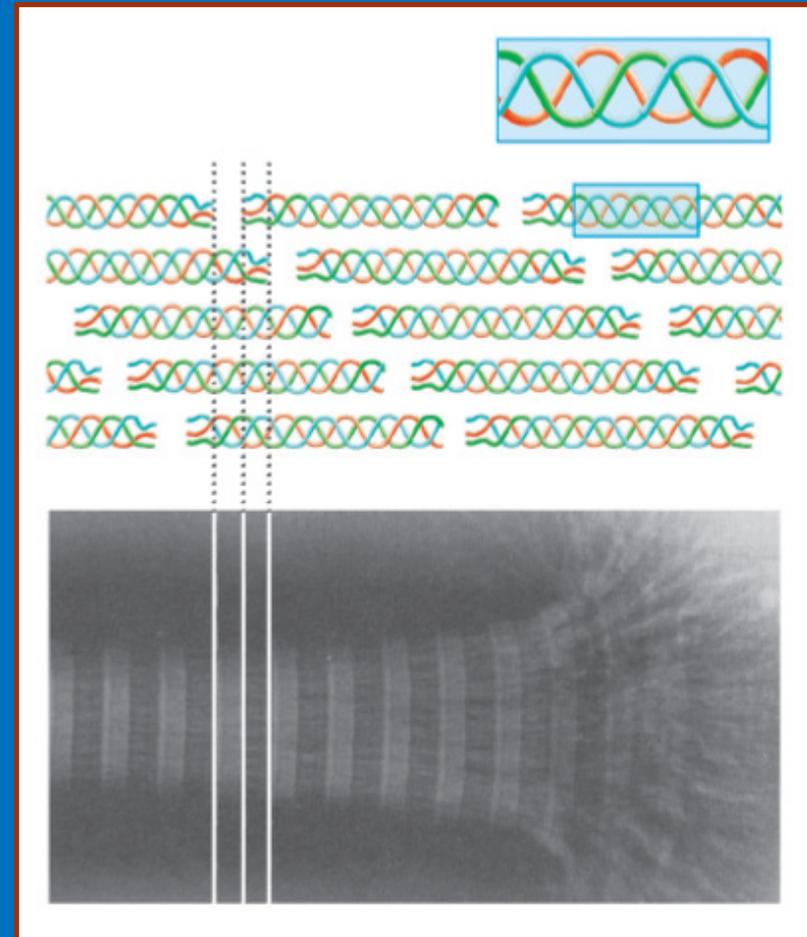


**FIGURE 3-24 Amino acid sequence of bovine insulin.** The two polypeptide chains are joined by disulfide cross-linkages. The A chain is identical in human, pig, dog, rabbit, and sperm whale insulins. The B chains of the cow, pig, dog, goat, and horse are identical.

Insulina



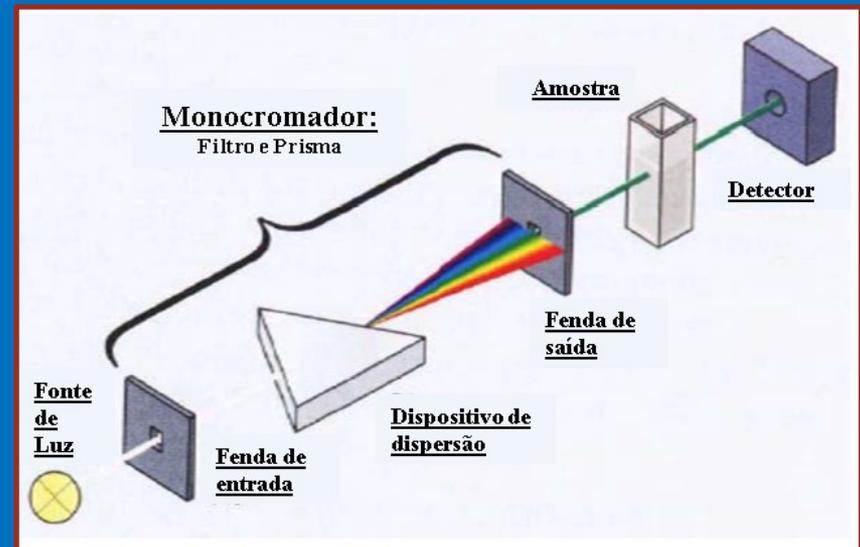
Hemoglobina



Colágeno

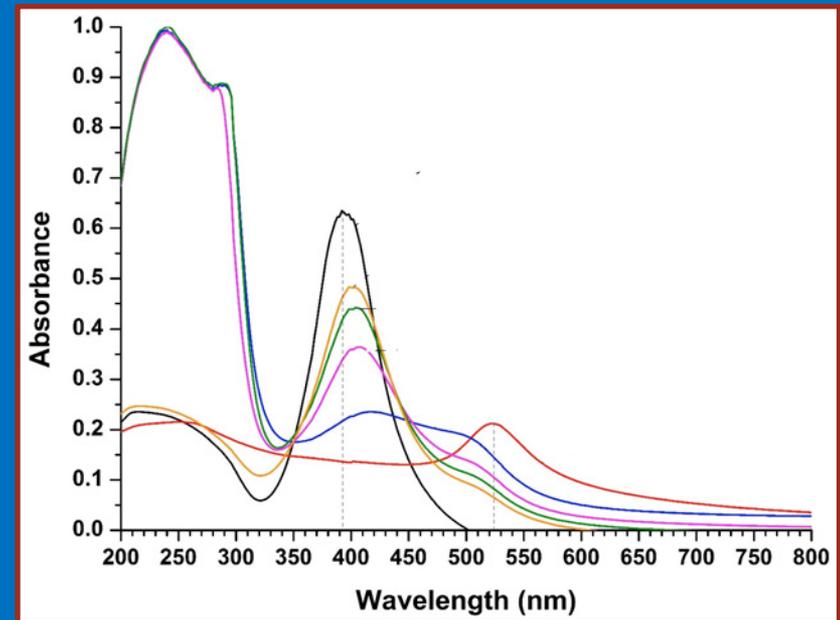
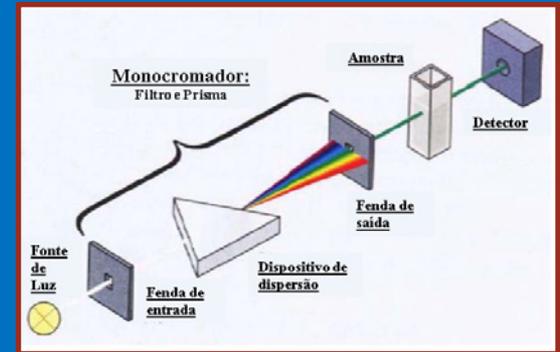
# Laboratório 1: Colorimetria e Espectrofotometria

- A Colorimetria e a Espectrofotometria podem ser conceituadas como um procedimento analítico através do qual se determina a concentração de espécies químicas mediante a absorção de energia radiante (luz).
- Fotometria é uma técnica de análise quantitativa que envolve a medida de intensidade de absorção de luz monocromática de um composto químico em solução.
- Serve para identificar o comprimento de onda característico para cada composto e para quantificação do composto através de 1) absorção direta e 2) através de método colorimétrico. Essa intensidade de absorção depende:

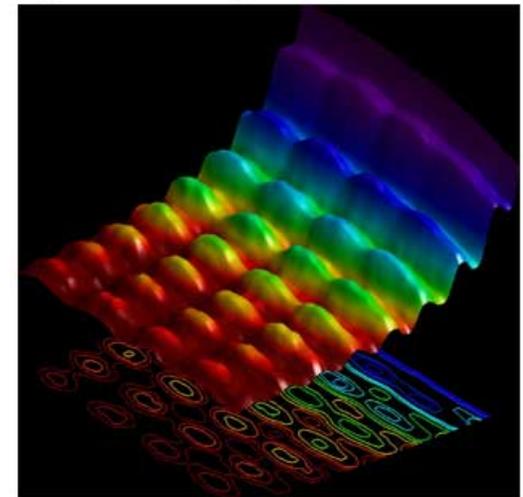
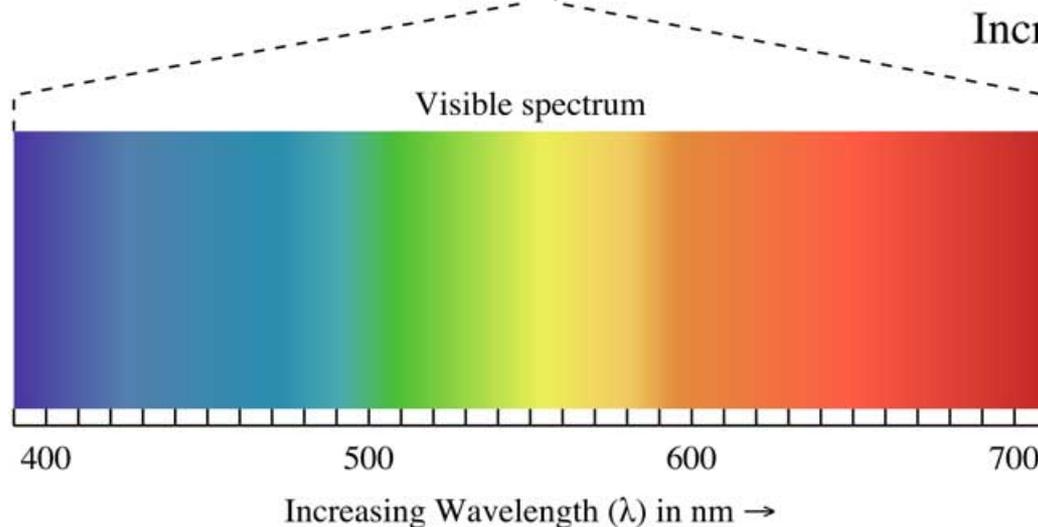
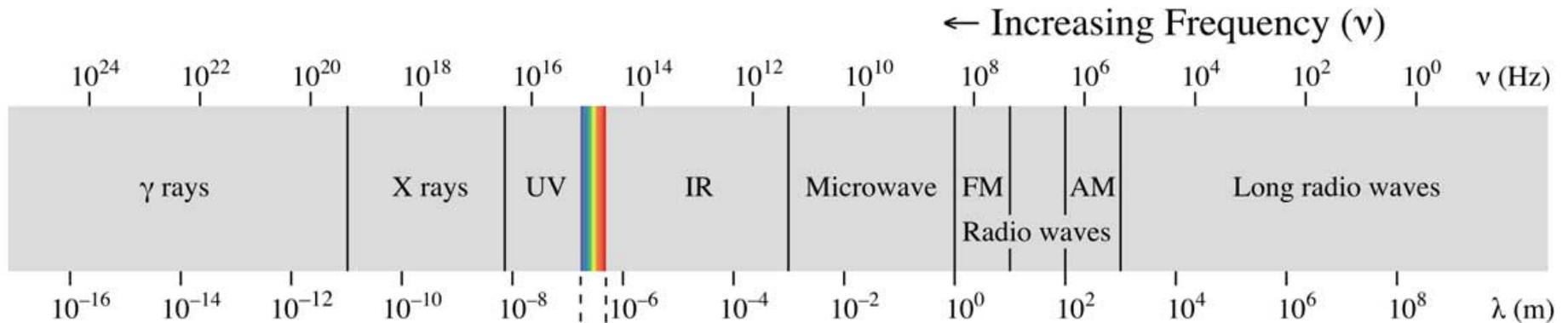


# Laboratório 1: Colorimetria e Espectrofotometria

- Substâncias diferentes apresentam espectros de absorção de luz distintos
- Algumas substâncias absorve luz na faixa do visível (400-650 nm)
- Outras, absorvem na faixa do UV (250-360 nm)



# Laboratório 1: Colorimetria e Espectrofotometria



Wavelength (nm)

# Laboratório 1: Colorimetria e Espectrofotometria

- A lei de Lambert-Beer estabelece que a absorbância é diretamente proporcional à concentração da espécie absorvente. A fração de luz que passa por uma amostra (a transmitância =  $I_t/I_o$ ) está relacionada logaritmicamente, e não linearmente, com a concentração da amostra (figura 1).
- A lei de Lambert-Beer relaciona esses três fatores e estabelece que:

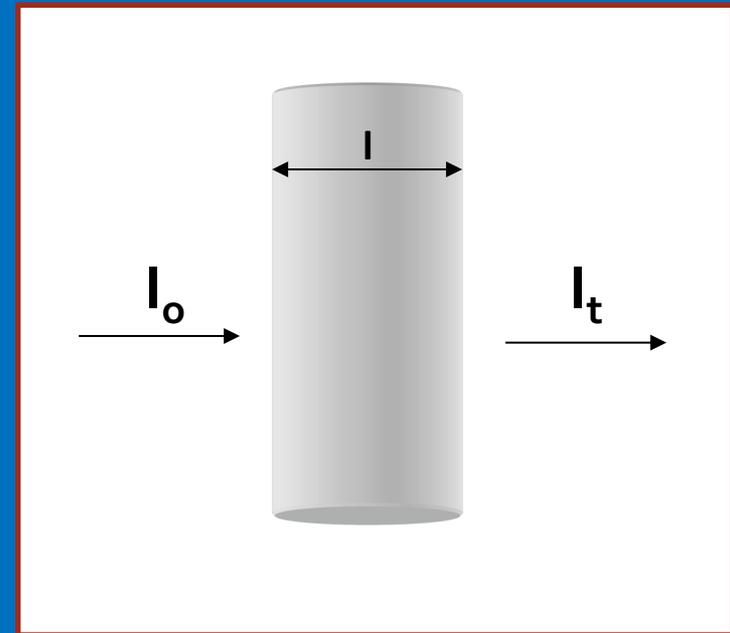
$$A = \varepsilon \cdot l \cdot c \quad \text{onde:}$$

$A$  = absorbância é definida pela reação seguinte:  $A = -\log I_t/I_o$  que por ser uma razão, não possui unidade ( $I_o$  é intensidade de luz incidente;  $I_t$  é intensidade de luz transmitida);

$\varepsilon$  = absortividade molar (característico de cada substância), em  $L \cdot (\text{mol} \cdot \text{cm})^{-1}$ ;

$l$  = caminho óptico (percurso da luz monocromática na solução), em cm;

$c$  = concentração da substância em mol/L.



# Laboratório 1: Colorimetria e Espectrofotometria

- A lei de Lambert-Beer estabelece que a absorvância é diretamente proporcional à concentração da espécie absorvente. A fração de luz que passa por uma amostra (a transmitância =  $I_t/I_0$ ) está relacionada logaritmicamente, e não linearmente, com a concentração da amostra (figura 1).
- A lei de Lambert-Beer relaciona esses três fatores e estabelece que:

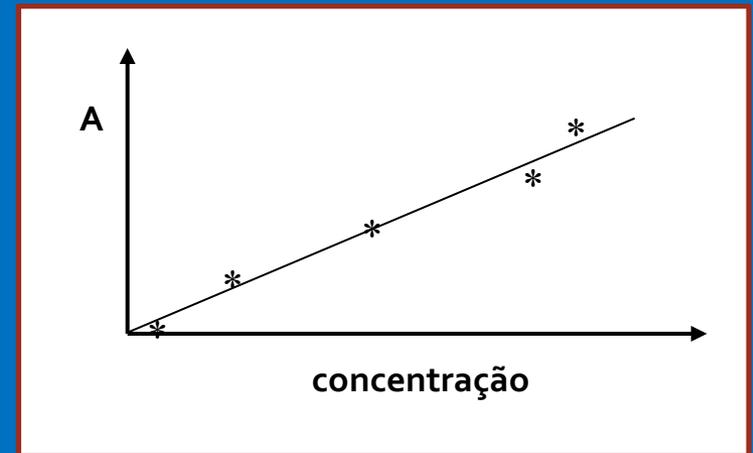
$$A = \varepsilon \cdot l \cdot c \quad \text{onde:}$$

$A$  = absorvância é definida pela reação seguinte:  $A = -\log I_t/I_0$  que por ser uma razão, não possui unidade ( $I_0$  é intensidade de luz incidente;  $I_t$  é intensidade de luz transmitida);

$\varepsilon$  = absortividade molar (característico de cada substância), em  $L \cdot (\text{mol} \cdot \text{cm})^{-1}$ ;

$l$  = caminho óptico (percurso da luz monocromática na solução), em cm;

$c$  = concentração da substância em mol/L.



**Equação da reta:**  
 $y = ax + b$

# Bibliografia

- Leiam o capítulo 3 (Amino ácidos, Peptídeos e Proteínas) do Lehninger – Princípios de Bioquímica
- Capítulos 3 (aminoácidos) e 4 do Voet & Voet.
- &
- Capítulo 2 (Aminoácidos e proteínas) do livro Bioquímica Básica (Marzzoco e Torres).