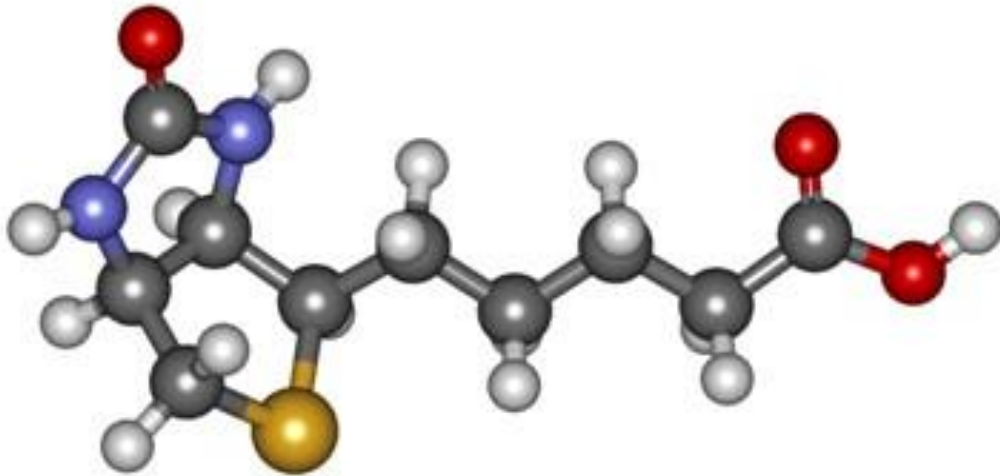


# MACROMOLÉCULAS CELULARES

## Aula teórica 3

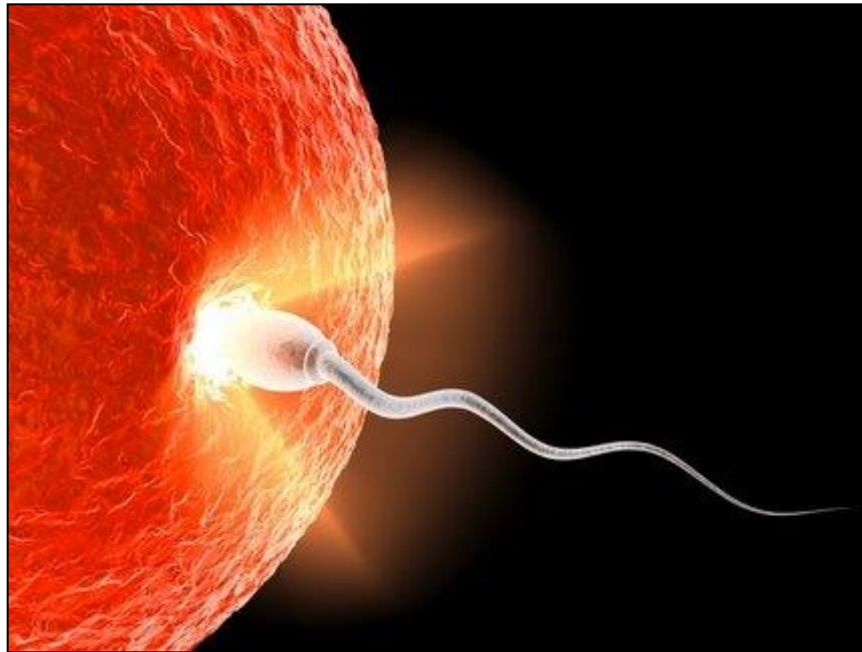
LGN0114 – Biologia Celular



Maria Carolina Quecine  
Departamento de Genética  
mquecine@usp.br

# O QUE É A VIDA?

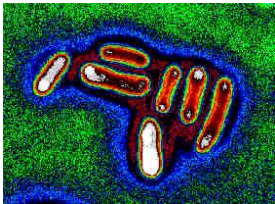
Sistema altamente regulado de síntese e manutenção de moléculas



# Células são constituídas por vários tipos de biomoléculas com funções específicas que interagem entre si.

Os organismos vivos utilizam os mesmos tipos de moléculas para assegurar o seu metabolismo, mas cada espécie possui um conjunto específico de ácidos nucleicos e proteínas responsáveis pela sua **identidade**.

Bactérias



Algas



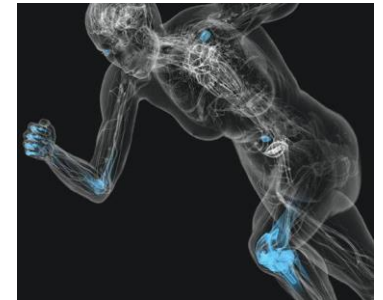
Fungos



Plantas



Animais



# CONSTITUINTES MOLECULARES DA CÉLULA

- Células contêm compostos orgânicos
  - Estruturalmente definidos por átomos de **carbono**

Elementos químicos mais frequentes na célula (90%):

elemento	
Carbono	C
Hidrogênio	H
Oxigênio	O
Nitrogênio	N

Elementos químicos menos frequentes na célula (10%):

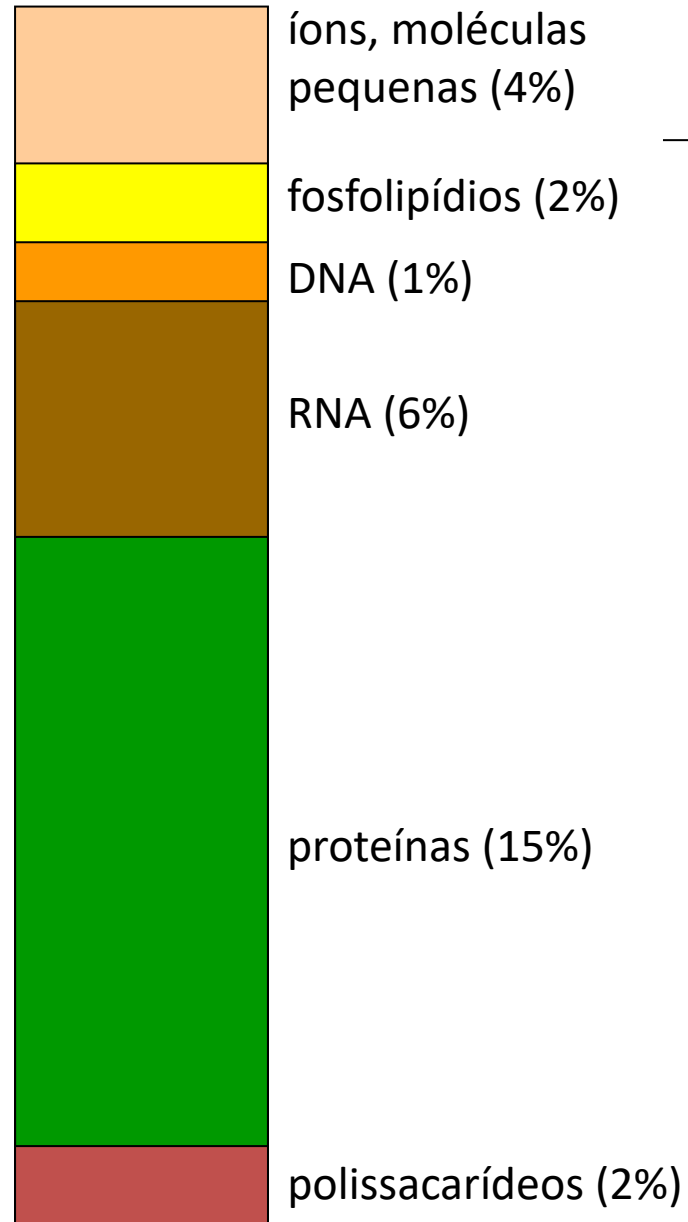
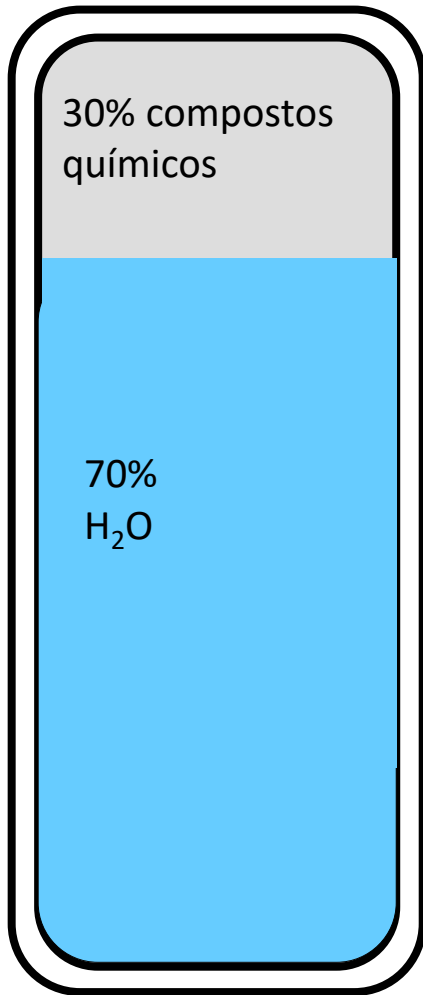
elemento	
Sódio	Na
Magnésio	Mg
Fósforo	P
Enxofre	S
Cloro	Cl
Potássio	K
Cálcio	Ca

- Moléculas de alto peso = **macromoléculas**



Diversidade de tamanho e composição

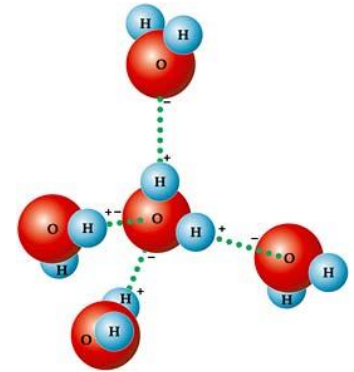
# CÉLULA



**MACROMOLÉCULAS**

# A MOLÉCULA DA VIDA!

## ÁGUA:



- ✓ Principal componente da célula – características únicas!!!
  - Molécula assimétrica -H-O-H =  $104,9^\circ$
  - Molécula **polar** – dipolo
    - Quando elétrons são compartilhados entre átomos em uma ligação química, eles não são necessariamente compartilhados de forma igual.
    - A tendência de um átomo atrair para si os elétrons em uma ligação química é chamada **eletronegatividade**
  - **Solvente universal**

# ORGANIZAÇÃO MOLECULAR DA CÉLULA

**Polímeros** – constituídos de **monômeros**

## BIOPOLÍMEROS:

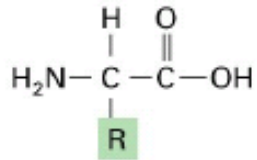
- Variação em estrutura e função
- **Ácidos nucleicos:** nucleotídeos [DNA (A C G T); RNA (A C G U)]
- **Proteínas:** aminoácidos - 20 tipos
- **Polissacarídeos:** monossacarídeos (açúcares)

- **Lipídeos:** ácidos graxos + glicerol

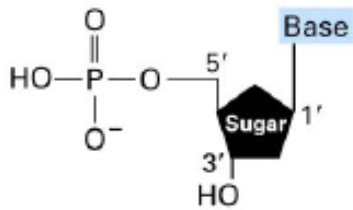
Ao contrário das demais biomoléculas, os lipídios não são polímeros, isto é, não são repetições de uma unidade básica.

- Polímeros complexos:
  - lipoproteínas, glicoproteínas, nucleoproteínas, proteoglicanas

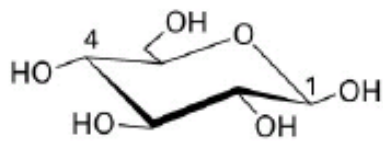
## MONÔMEROS



**Aminoácido**

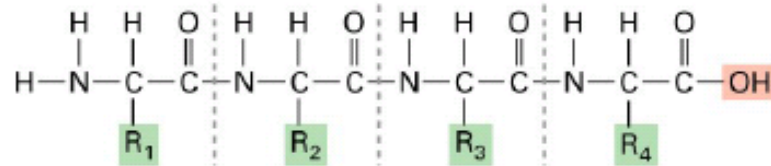


**Nucleotídeo**

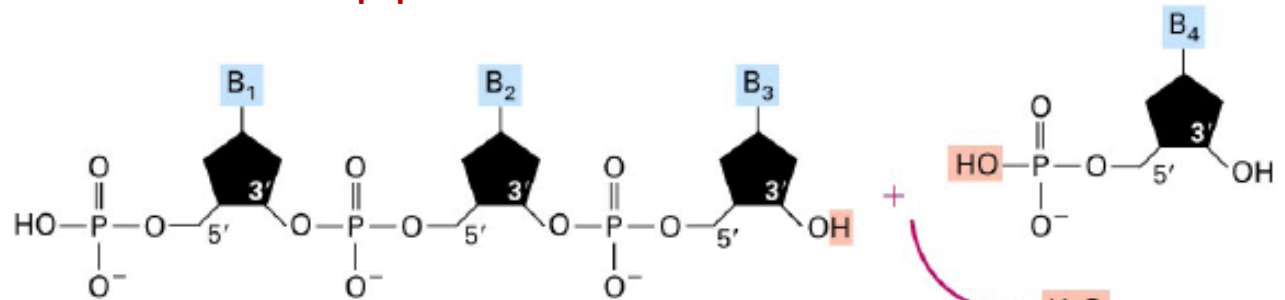


**Monossacarídeo**

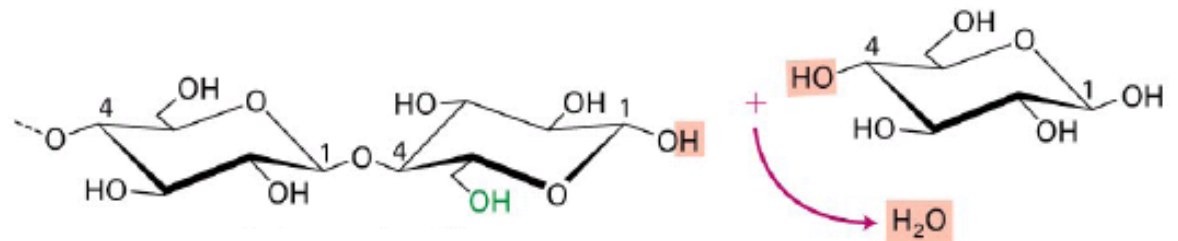
## POLÍMEROS



**Polipeptídeo**



**Ácido nucleico**



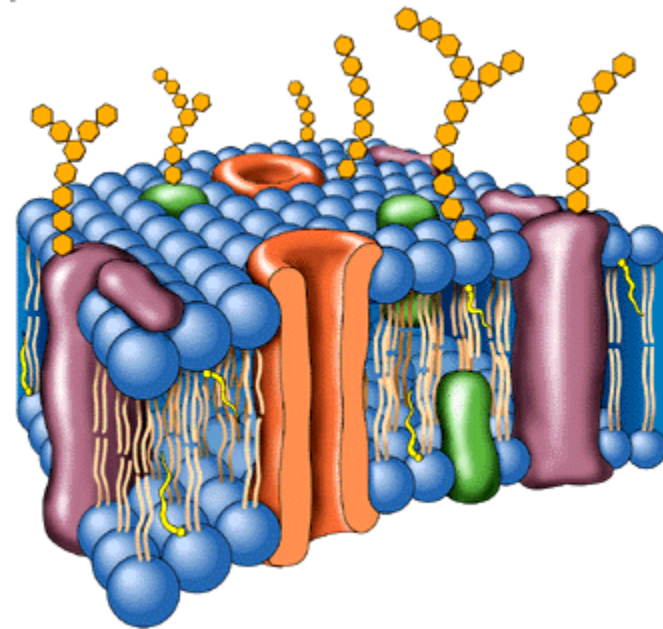
**Polissacarídeo**

**SEMPRE LIBERA ÁGUA!**



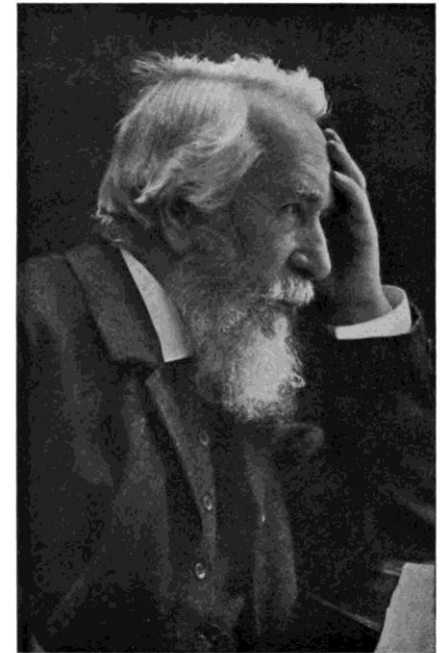
# ORGANIZAÇÃO MOLECULAR DA CÉLULA

- Polímeros hidrofílicos
  - Ex: ácidos nucleicos, carboidratos, proteínas
- Polímeros/Moléculas hidrofóbicas(as)
  - Ex: lipídeos, algumas proteínas
- Anfipáticos: existência de porções hidrofóbicas e hidrofílicas no mesmo polímero
  - Ex: proteínas de membrana





Johann Wolfgang von Goethe  
1749-1832



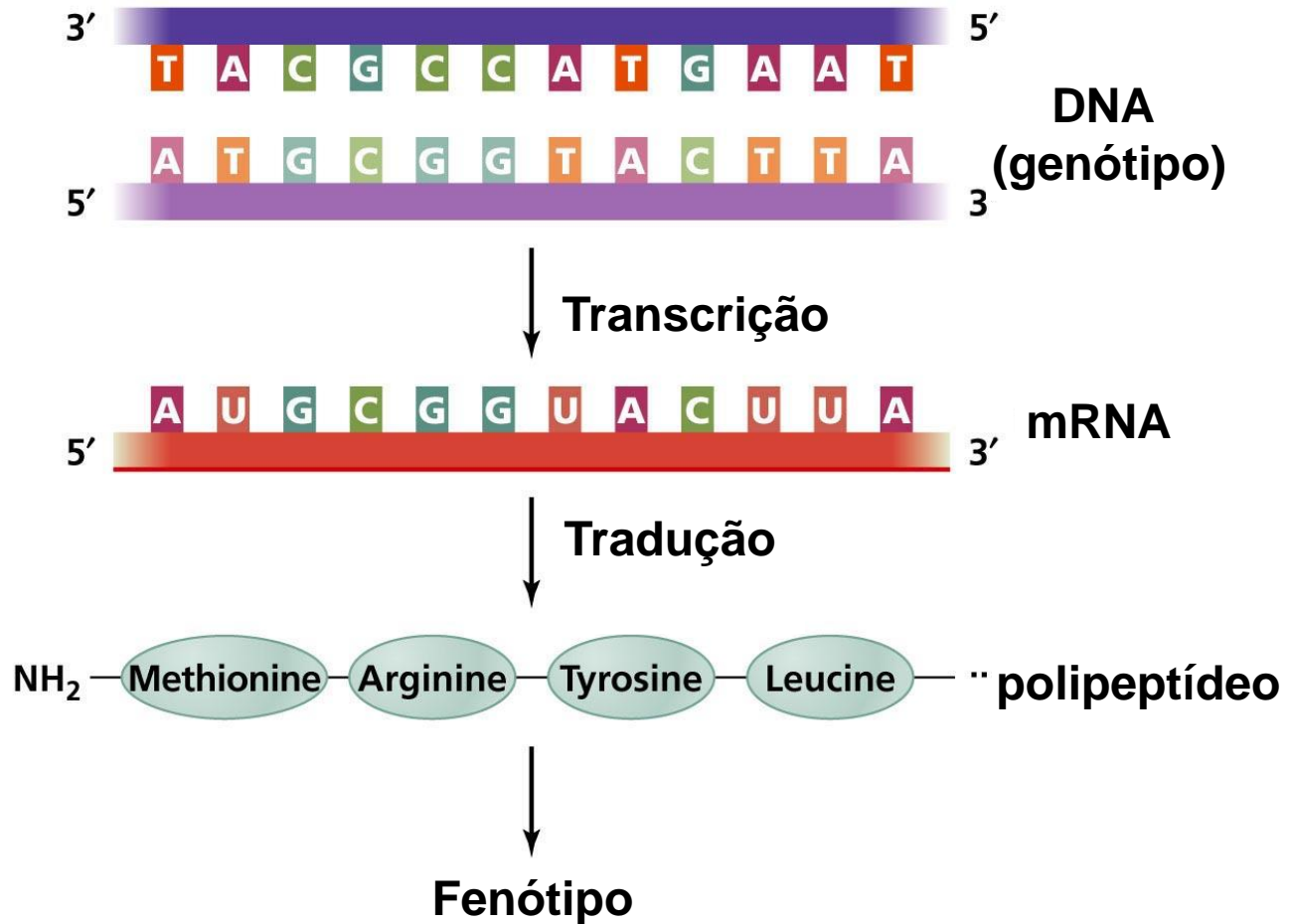
Ernst Haeckel 1834-1919



D'Arcy Wentworth Thompson  
1860-1948

**Influência na arquitetura orgânica**  
**“A forma segue a função”**  
**“Forma é função”**

# COMO A VIDA FUNCIONA...



# ÁCIDOS NUCLEICOS

Polímeros de nucleotídeos

- Moléculas de informação genética -DNA
- Síntese de macromoléculas -RNA (mRNA, tRNA, rRNA)

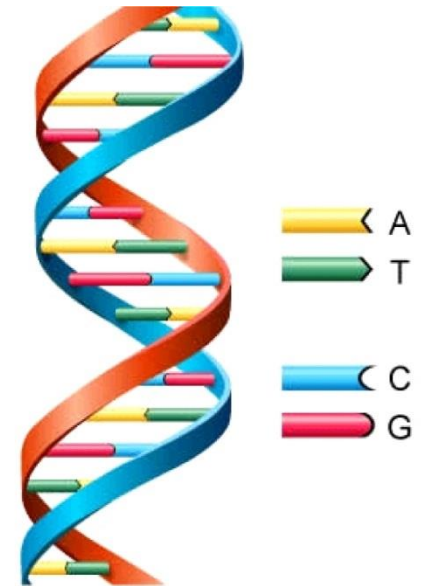
**Componentes:** base nitrogenada, pentose e ligação fosfodiéster

**Pentose:**

- desoxirribose -DNA
- ribose -RNA

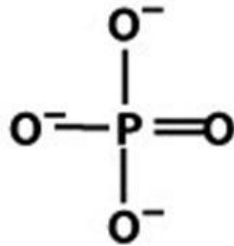
**Bases nitrogenadas:**

- Purinas: adenina (A) e guanina (G)
- Pirimidinas: DNA - timina (T) e citosina (C)  
RNA - uracila (U) e citosina (C)



# COMPONENTES DOS NUCLEOTÍDEOS

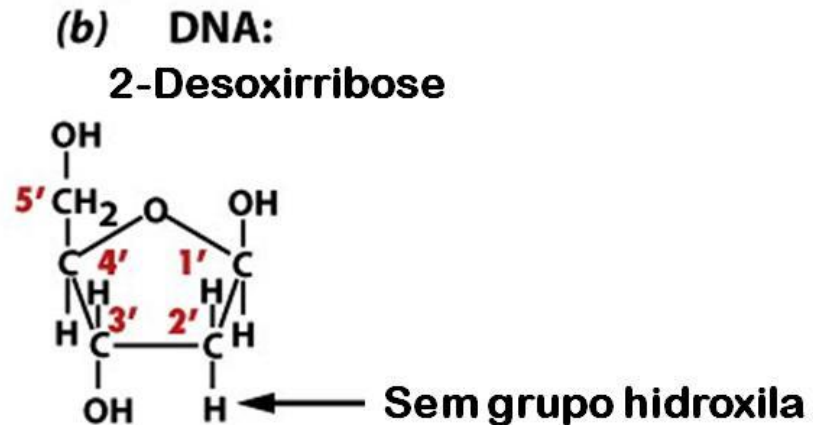
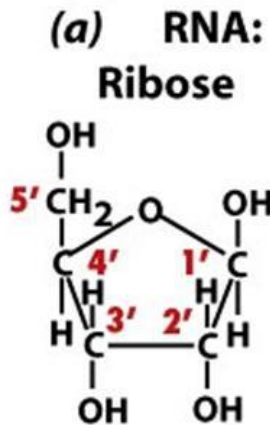
(1)  
Um  
grupamento  
fosfato:



Carbono 5

Nucleotídeo sem fosfato é nucleosídeo!!!

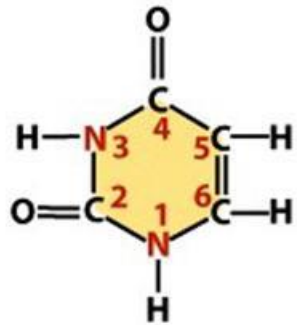
(2)  
pentoses  
(açúcares  
de 5  
carbonos)



Carbono 2

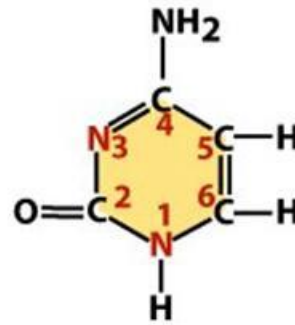
(3)  
Uma base  
cíclica  
contendo  
Nitrogênio

(a) RNA

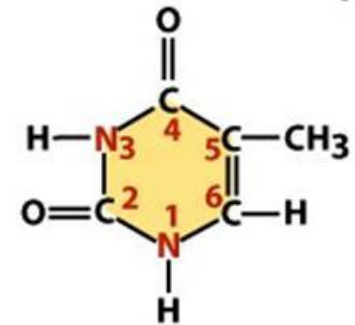


Uracila

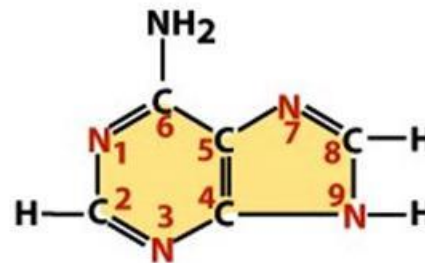
(b) DNA e RNA (c) DNA



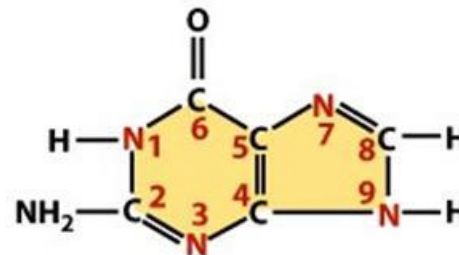
Citosina



Timina



Adenina



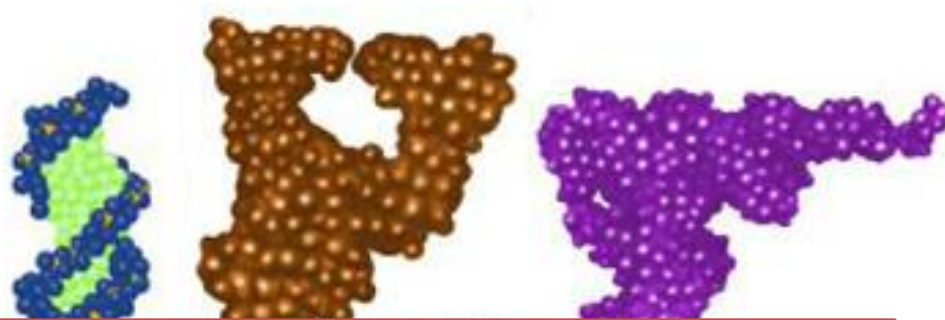
Guanina

Purinas: A, G  
Pirimidinas: U, T, C

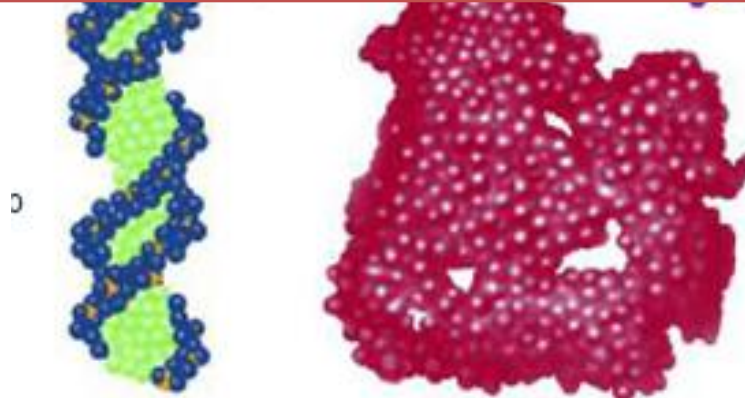
# DNA E RNA – MOLÉCULAS DE INFORMAÇÃO

DNA – Descoberto pelo bioquímico alemão Johann Friedrich Miescher (1869);

RNA - Descoberto em levedura (1890).



**Diferenças estruturais**



# PROTEÍNAS

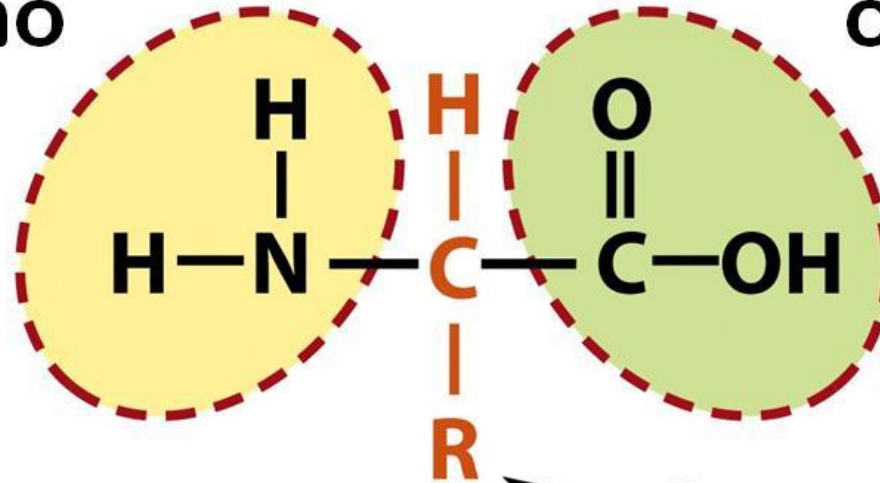
As proteínas são polímeros compostos por **aminoácidos**, sendo sintetizadas a partir dos **moldes de mRNA** por um processo altamente conservado durante a evolução – **TRADUÇÃO**.

Mais **versáteis** composto celular: estrutura **dinâmica**, altamente **moldável**, responsável por inúmeras **funções** celulares.



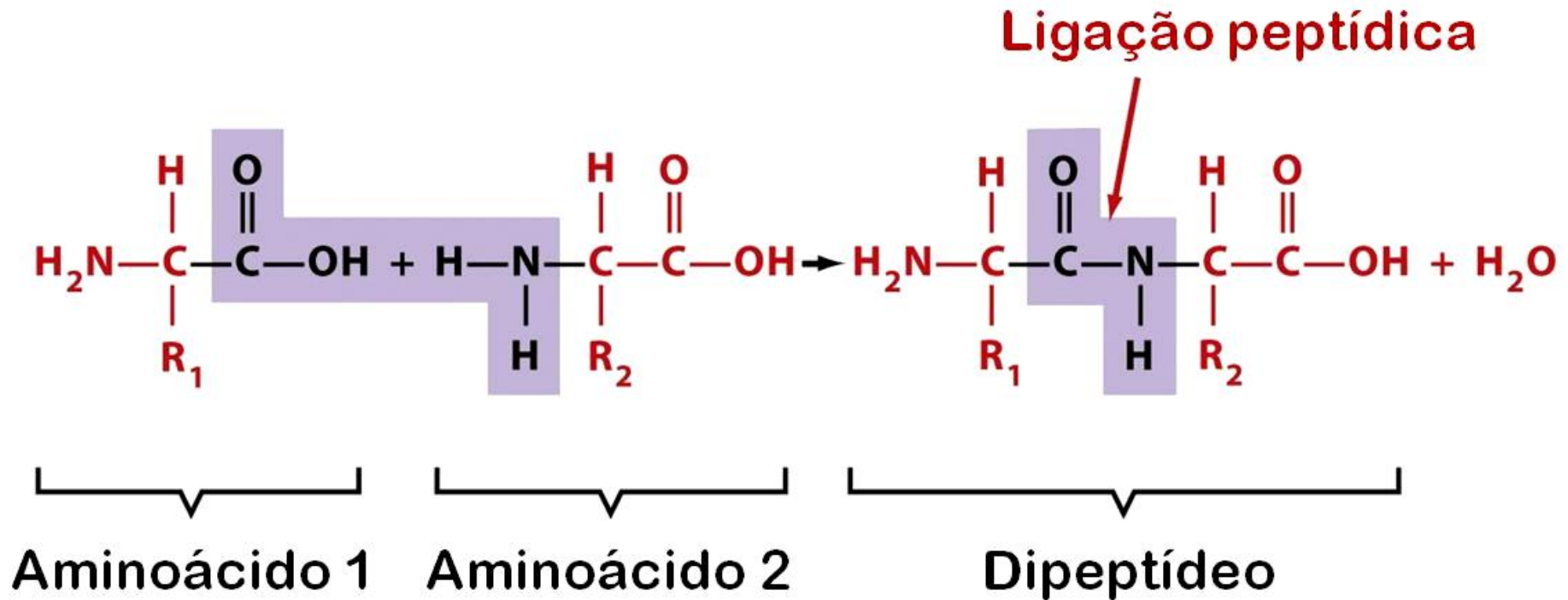
# AMINOÁCIDO – O BLOCO PROTÉICO

Grupo  
amino



Grupo  
carboxila

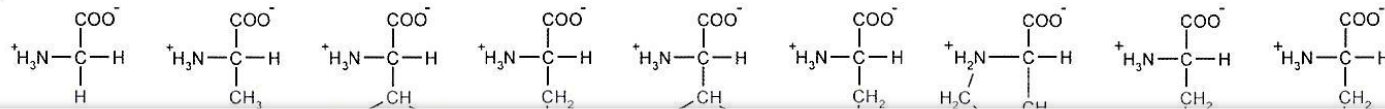
Grupo  
Lateral (R)



**Polipeptídeo é proteína?**

# As proteínas podem ser compostas por 20 tipos de aminoácidos

Apolares (Hidrofóbicos)

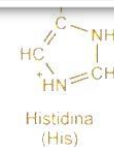
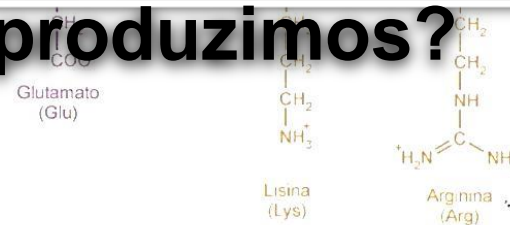
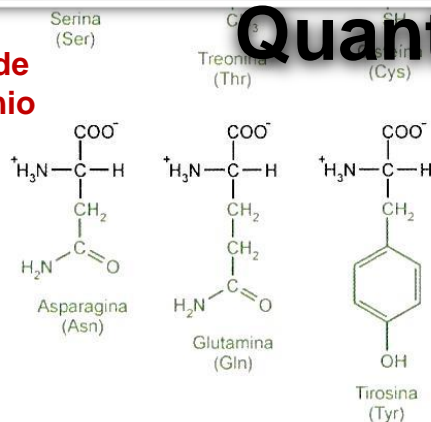


**Em uma proteína típica:**

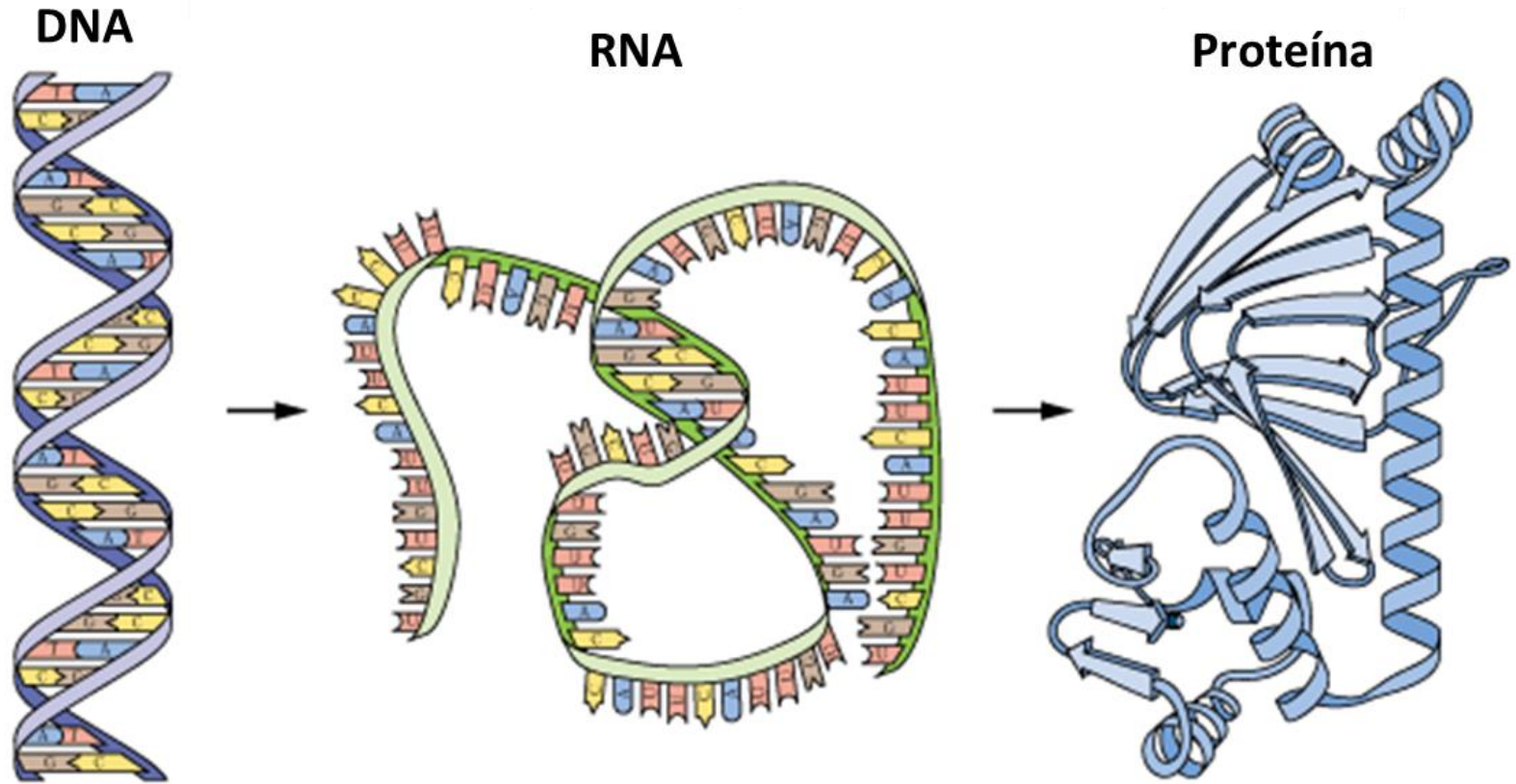
Cisteína triptofano e metionina – 5%  
 Leucina, serina, lisina e ácido glutâmico – 32%

**Quantos a.a. produzimos?**

**Pontes de hidrogenio**

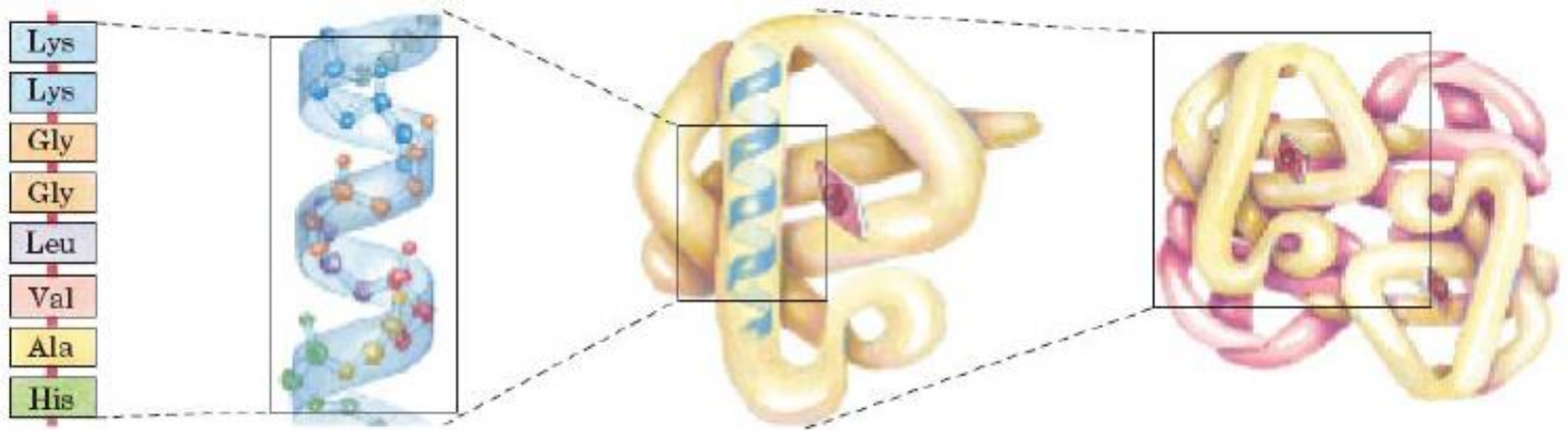


**Alteração na carga por meio de alteração de pH**



**Proteínas ativas tem conformação específicas!!**

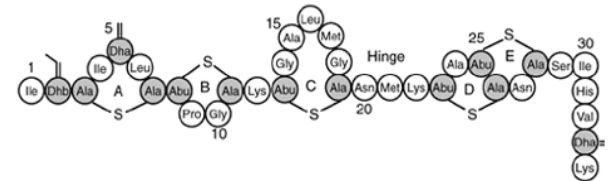
# ESTRUTURA HIERARQUICA DAS PROTEÍNAS



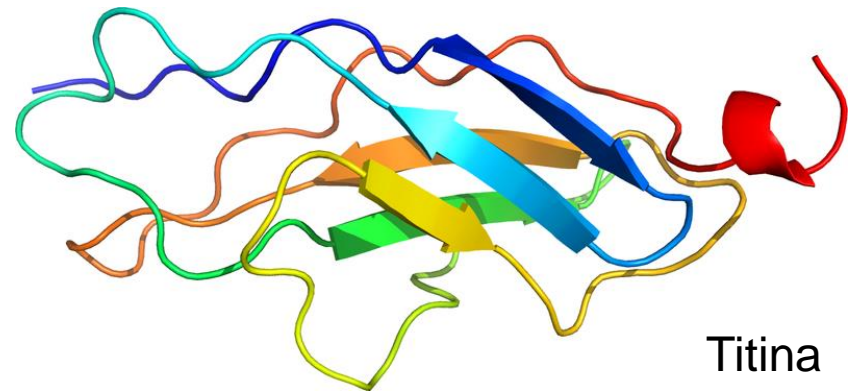
*A função de uma proteína é derivada da sua estrutura tridimensional, e a estrutura tridimensional especificada pela sequência de aminoácidos*

# ESTRUTURA PRIMÁRIA

- Esqueleto da proteína
- Linear
- Sequência de resíduos de aminoácidos
- Peptídeo – até trinta resíduos de aa
- Polipeptídeo – até 4000 resíduos de aa.



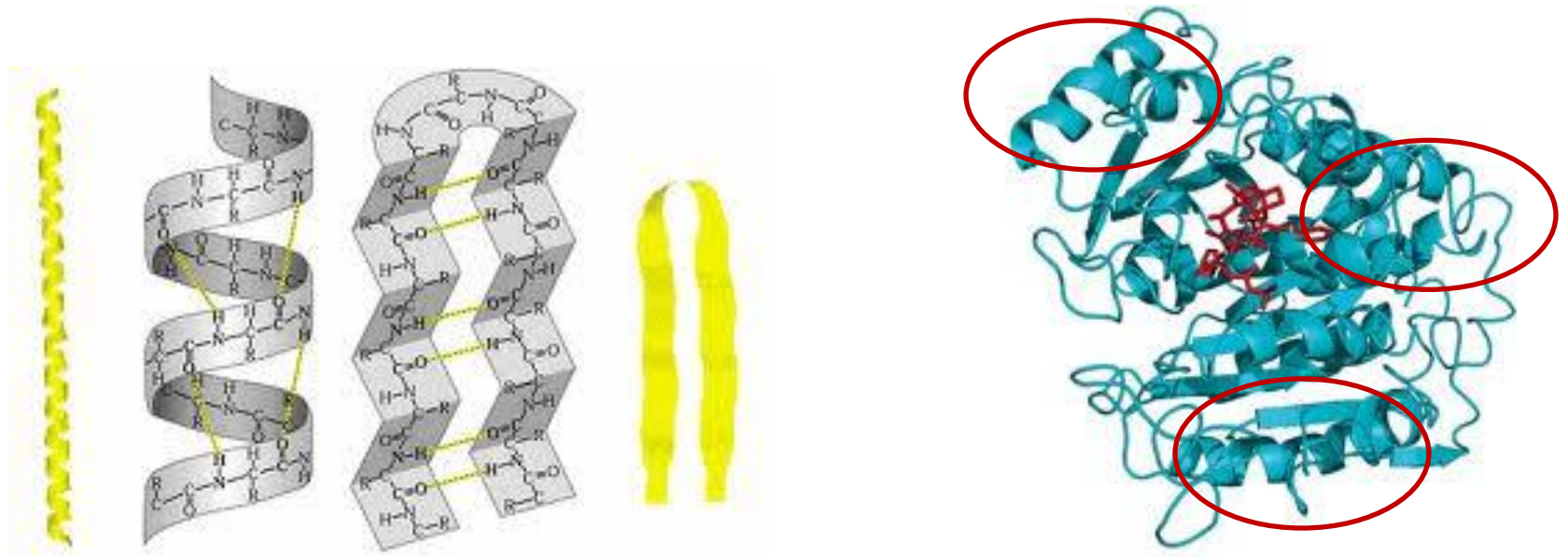
colicina



Titina

# ESTRUTURA SECUNDÁRIA

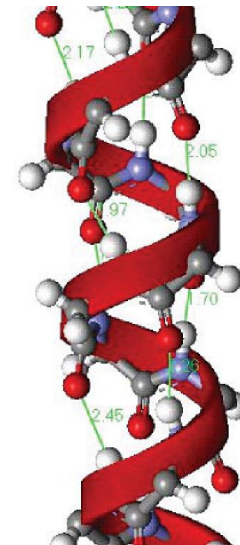
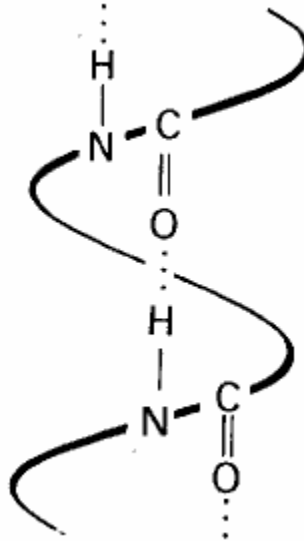
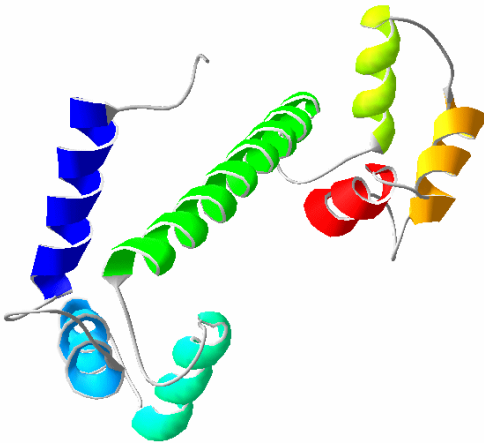
Dobramentos **periódicos** de porções localizadas de uma cadeia polipeptídica mediados por **pontes de hidrogênio**



Um polipeptídeo – várias estruturas secundárias

# $\alpha$ -hélice

O átomo da carbonila faz **ponte de hidrogênio** com o átomo de hidrogênio da amida do quarto resíduo abaixo no **sentido da extremidade C-terminal**

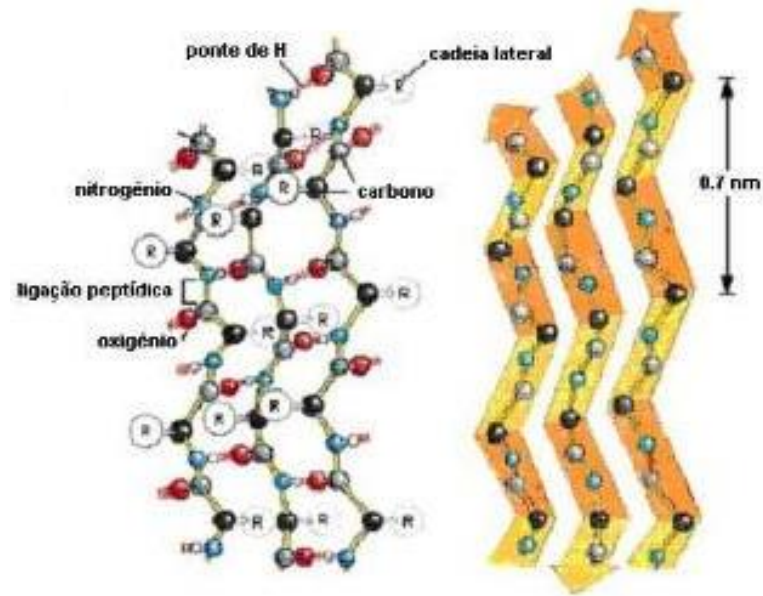
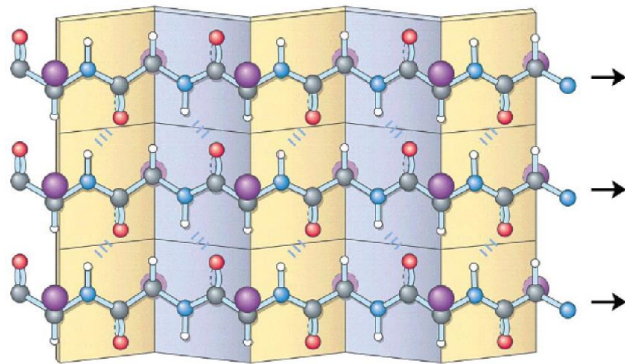
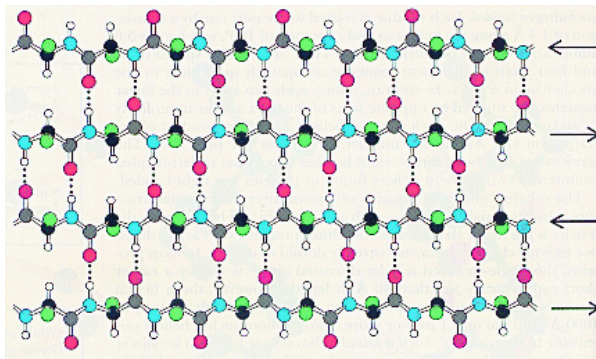


Qual amino-ácido não tem em  $\alpha$ -helices???



# Folha- $\beta$

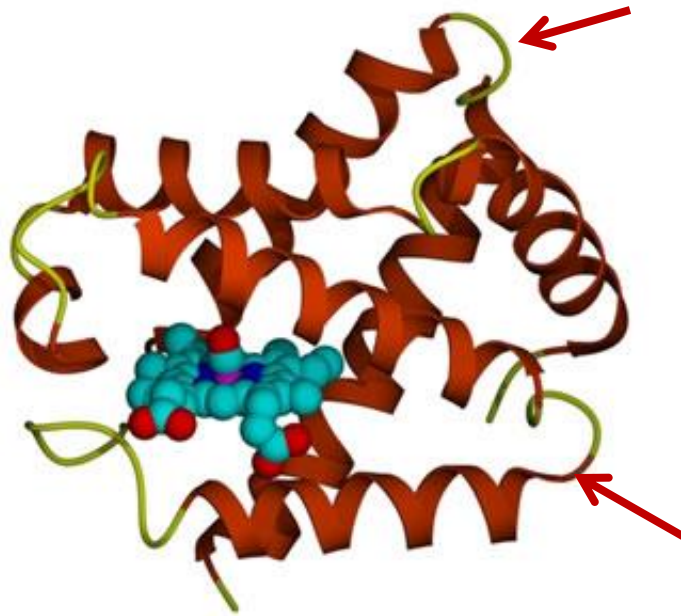
Fitas- $\beta$  dispostas lateralmente – **cada folha contém 5-8 resíduos**. Podem ocorrer em sentido **paralelo** ou **anti-paralelo**.



Bolsões de ligação ou núcleos hidrofóbicos

# Voltas $\beta$

Presentes geralmente na **parte externa** da proteína **redirecionando** o esqueleto peptídico. Composta por 3 a 4 resíduos.



Quais amino-ácidos são frequentemente encontrados em volta- $\beta$ ???

# ESTRUTURA TERCEÁRIA

É a **conformação total** de todos os resíduos. Composta por interações hidrofóbicas, hidrofílicas, pontes de hidrogênio e outras. **Não são rígidas.**

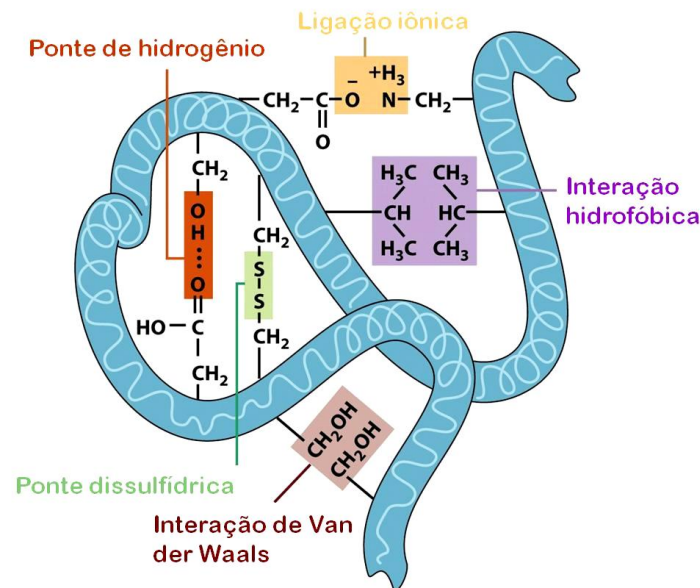
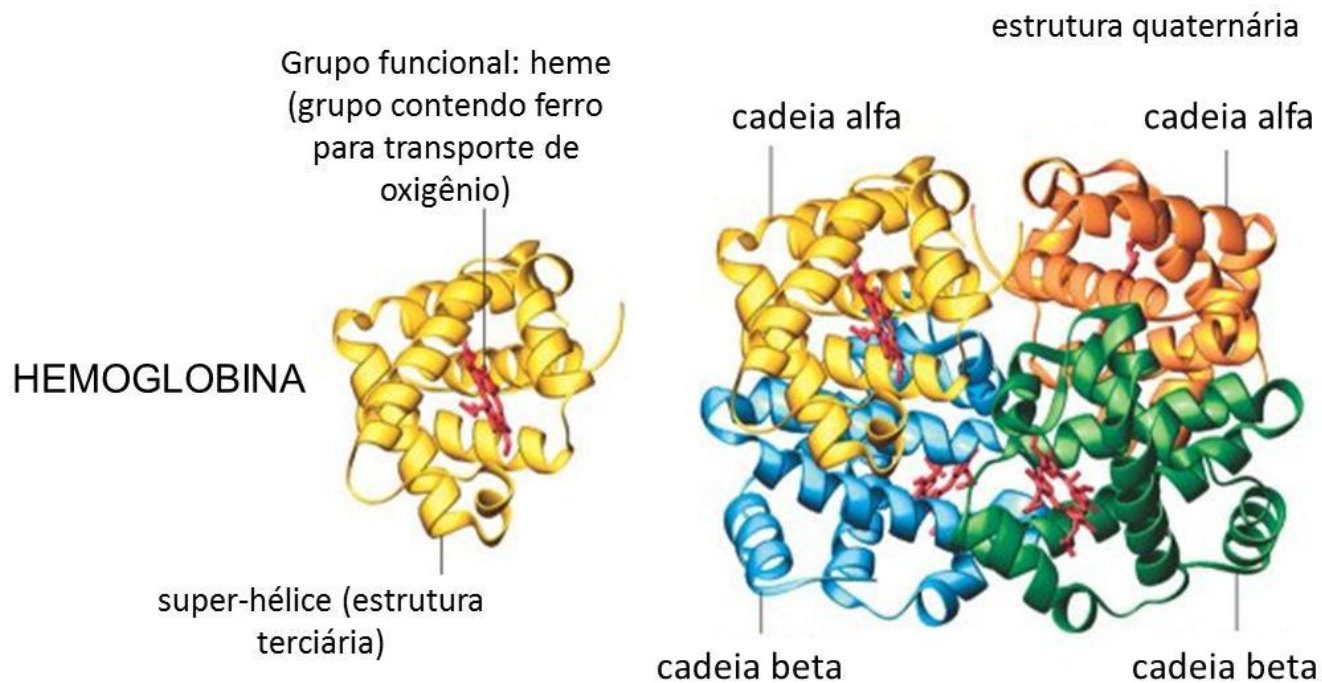


Figure 12-5 Principles of Genetics, 4/e  
© 2006 John Wiley & Sons

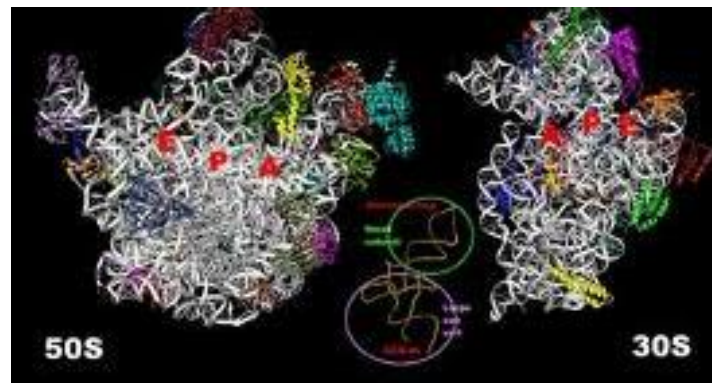
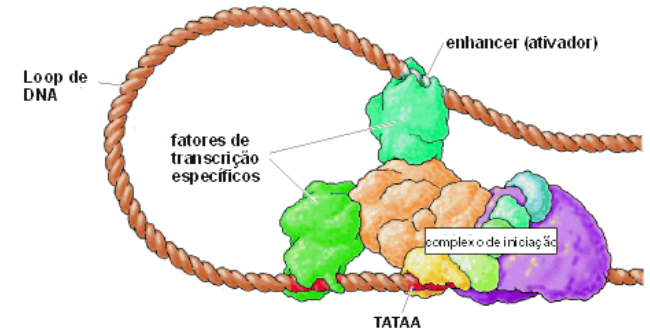
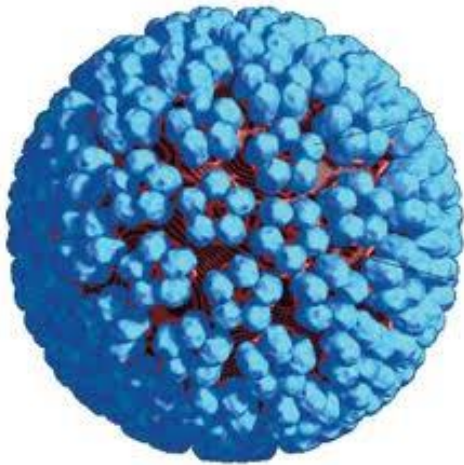
# ESTRUTURA QUARTENÁRIA

Composta por **dois ou mais polipeptídeos** ou subunidades que podem ser iguais ou não.



# ARRANJOS MACROMOLECULARES

Composto por **dezenas e centenas de subunidades!!!**



# Mas não termina ai....



**Forma é tudo!**

**Promoção do dobramento**

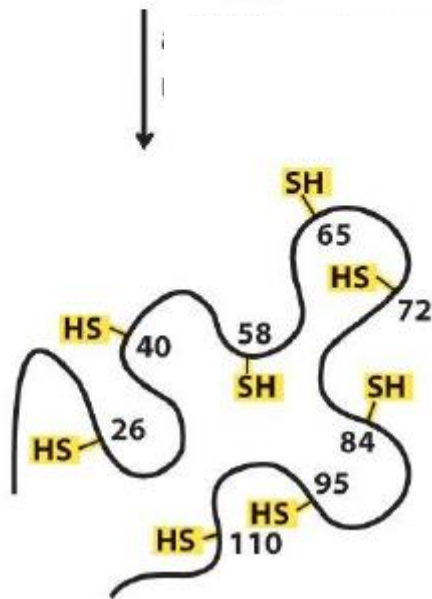
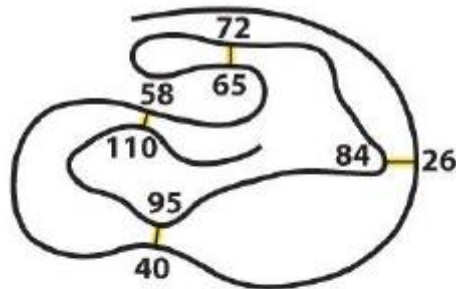
**Clivagem de peptídeos**

**Modificações pós-traducionais**

**Correção de erros**

**Eliminação de proteínas erradas**

**Estrutura primária – define o dobramento, mas leva muito tempo...**



**Christian B. Anfinsen – renaturação para o estado nativo em condições laboratoriais**

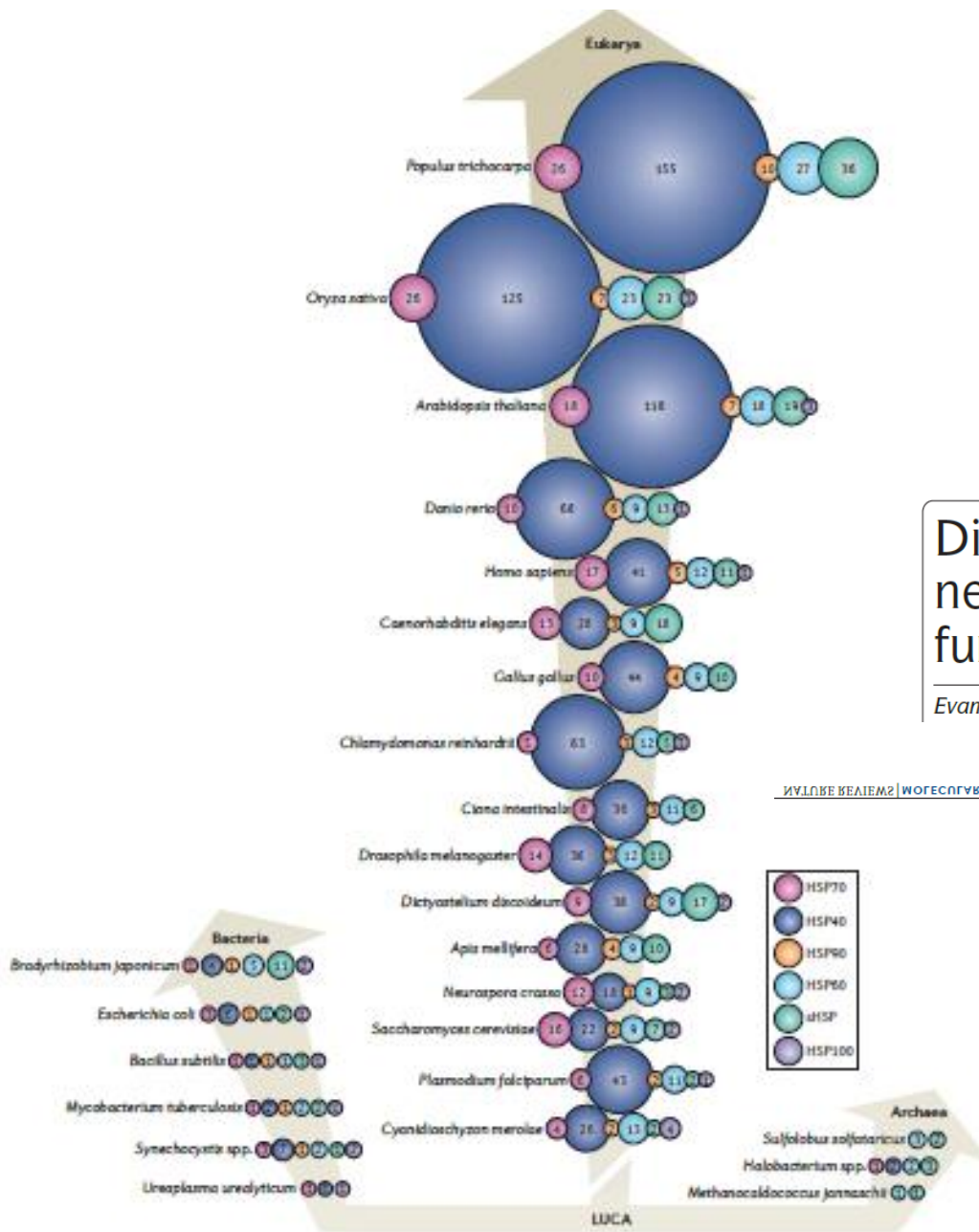
**Quantos dobramentos são possíveis? Qual seria o estado nativo de uma proteína?**

# O CONCEITO AGORA É PROTEOMOSTASE

*Dependendo do ambiente, ocorre a adoção de novos padrões de dobramento e o controle da homeostase de proteínas:*

- Chaperonas;
- Fatores de dobramento;
- Degradação;
- Sinalização;
- Compartimentos especializados.





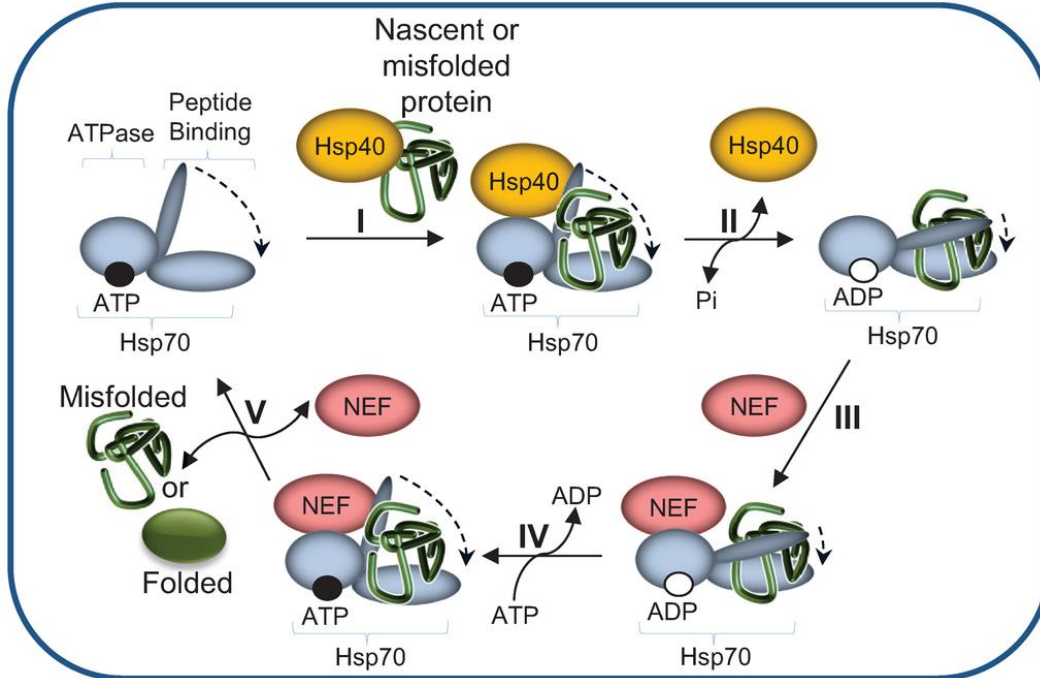
## Diversity in the origins of proteostasis networks — a driver for protein function in evolution

Evan T. Powers<sup>1</sup> and William E. Balch<sup>2</sup>

# Chaperonas individuais

- Eucariotos – **Hsp70**
- Bactérias - **DnaK**

Evitam que agregados proteicos se formem



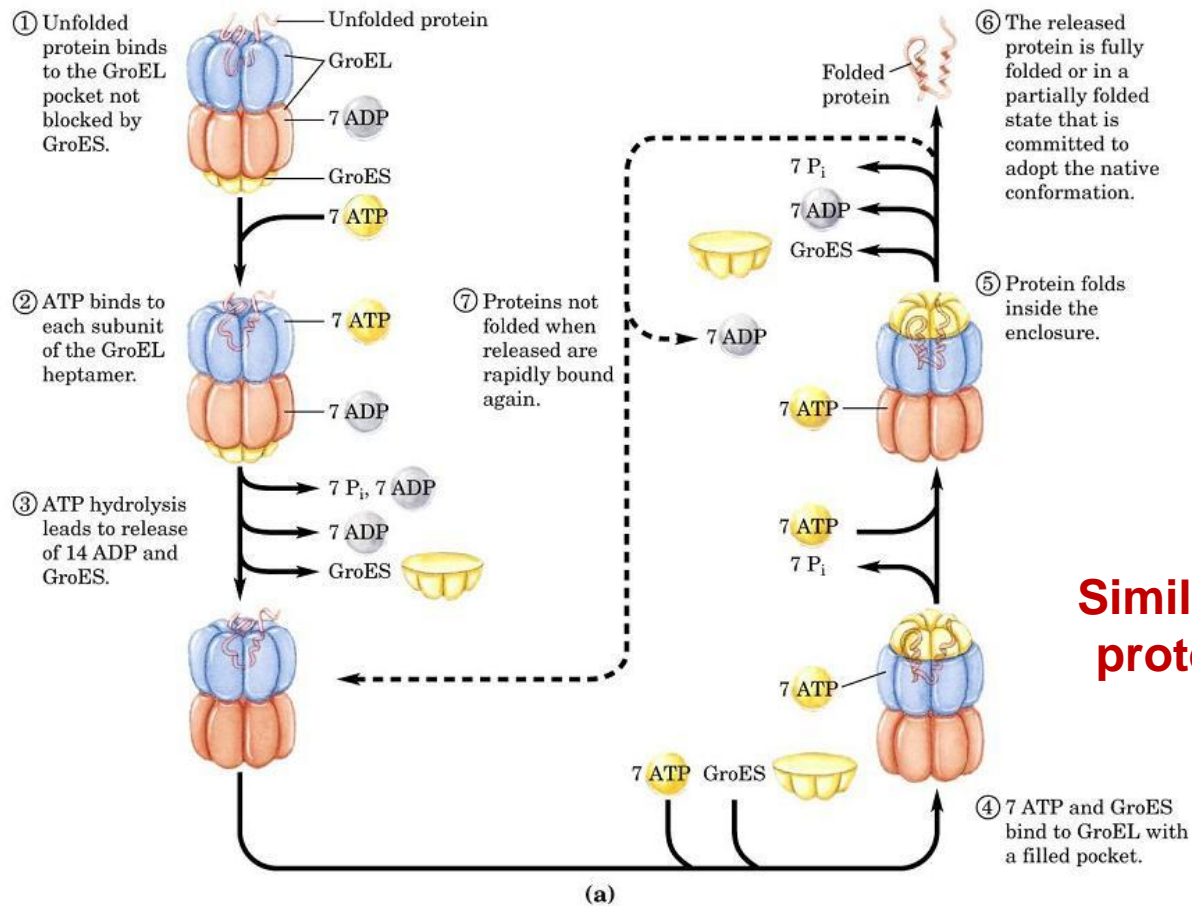
**Cochaperonas auxiliam na ligação do substrato e hidrólise do ATP!!**

# Chaperonas oligoméricas

Eucariotos – **Hsp60/Hsp10**

Bactérias – **GroEL/ GroES**

Compostas por anéis multiméricos

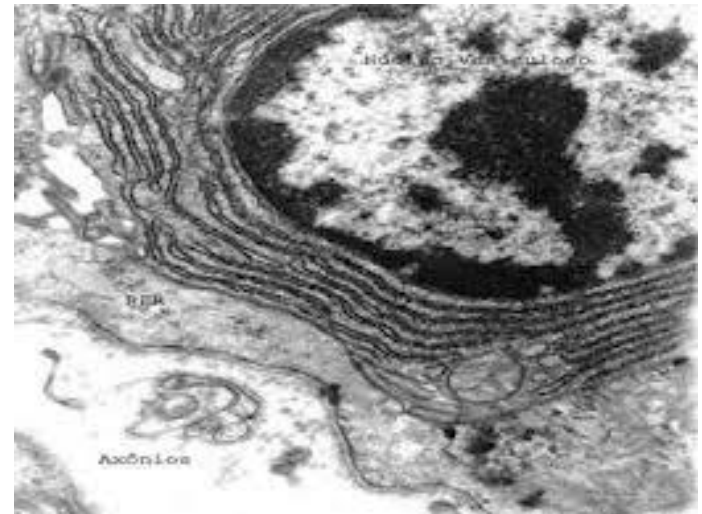
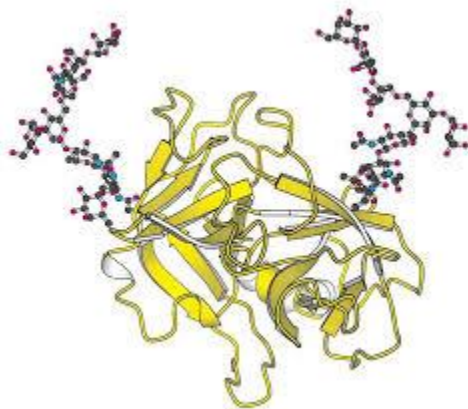


**Similaridade com o proteossomo 26S**

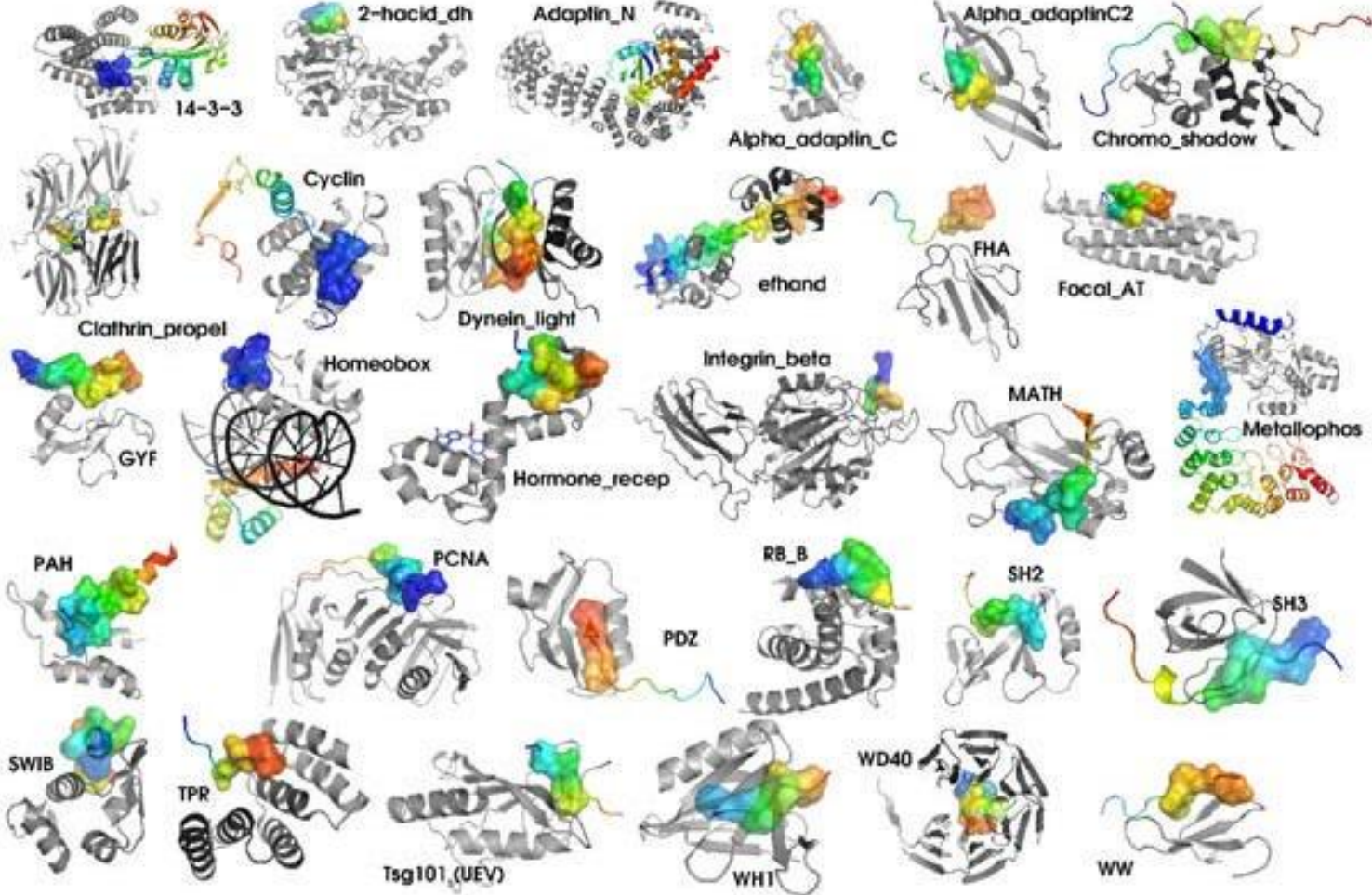
# Modificações químicas também ocorrem ...

Na síntese 20 aminoácidos ... nas células mais de 100 diferentes!!

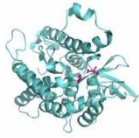
- Acetilação – aumenta a meia vida
- Fosforilação – serina, treonina, tirosina e histidina
- Glicosilação – asparagina, serina e treonina – cadeias de carboidratos lineares e ramificados



# MAS PARA QUE TODA ESSA DIVERSIDADE ESTRUTURAL?



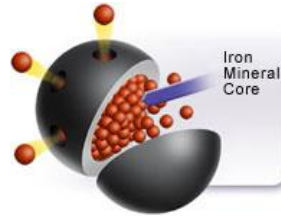
Ex: lipases



Enzimática

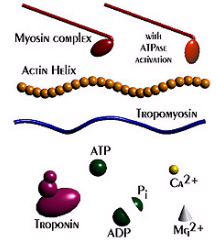
Ex: ferritina

Armazenamento



Ex: troponina

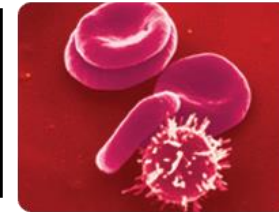
Sistemas contrácteis



Hormonal



# Funções das Proteínas

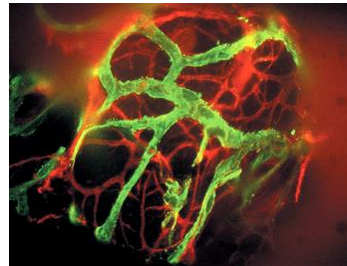


Transporte

Ex: insulina

Ex: hemoglobina

Nutricional



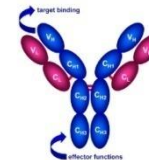
Estrutural

Ex: caseína

Imunidade

Ex: colágeno

Ex: imunoglobulina



# Função é resultado da estrutura!!

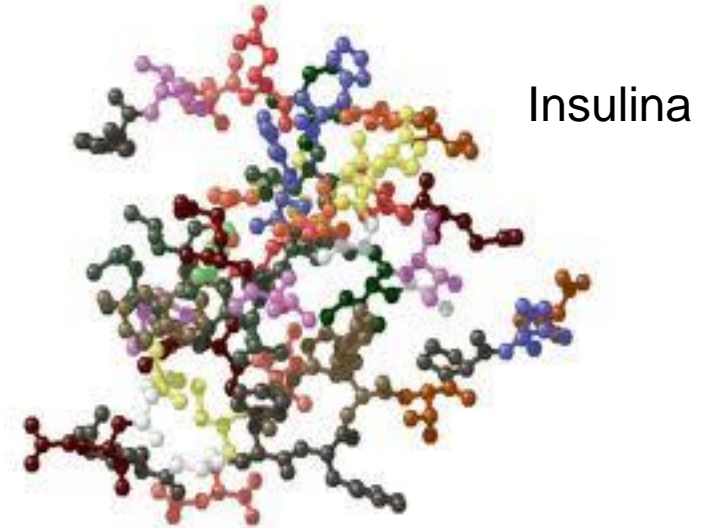
Quase todas as funções dependem da especificidade e afinidade das proteínas!

**Específicas de tipos celulares**

**Comuns em todas as células**



Hexokinase



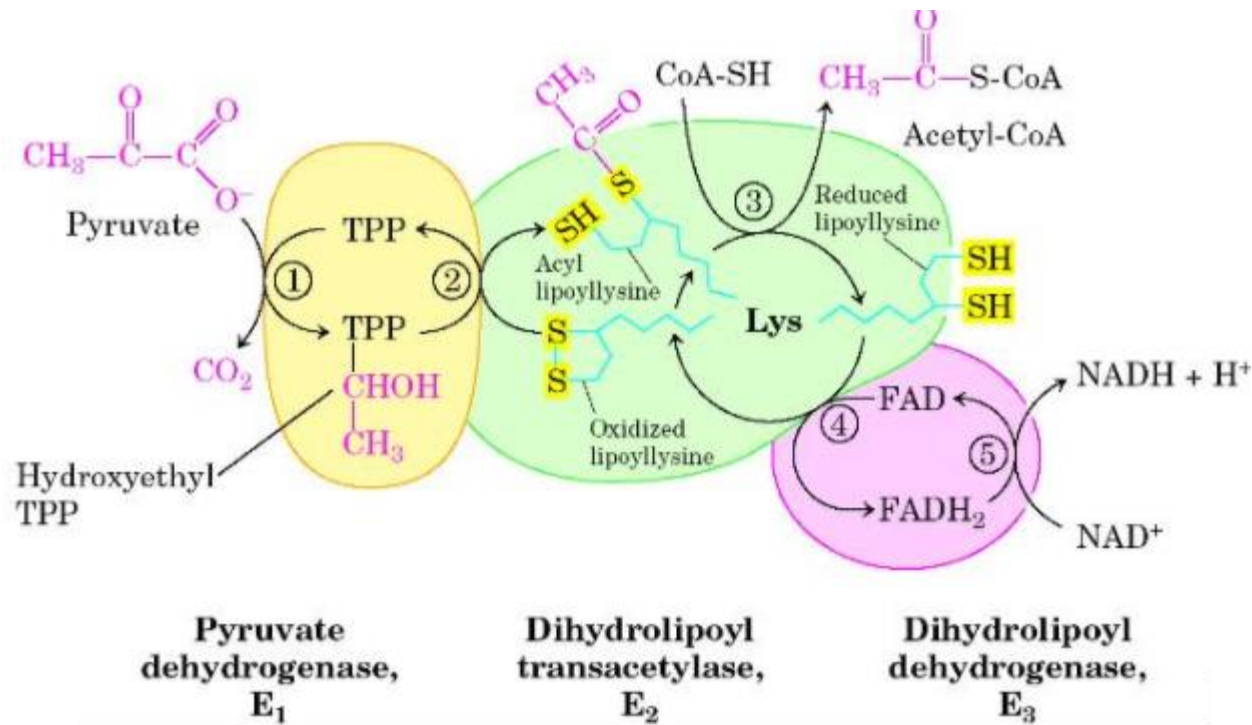
Insulina

**Catalização para outras atividades proteicas**

- Fosforilação de proteínas – sinalização
- Hidrólise do ATP – regulação da expressão

# Otimização do processo catalítico:

- Mesma localização;
- Estruturas multiméricas.



Piruvato desidrogenase



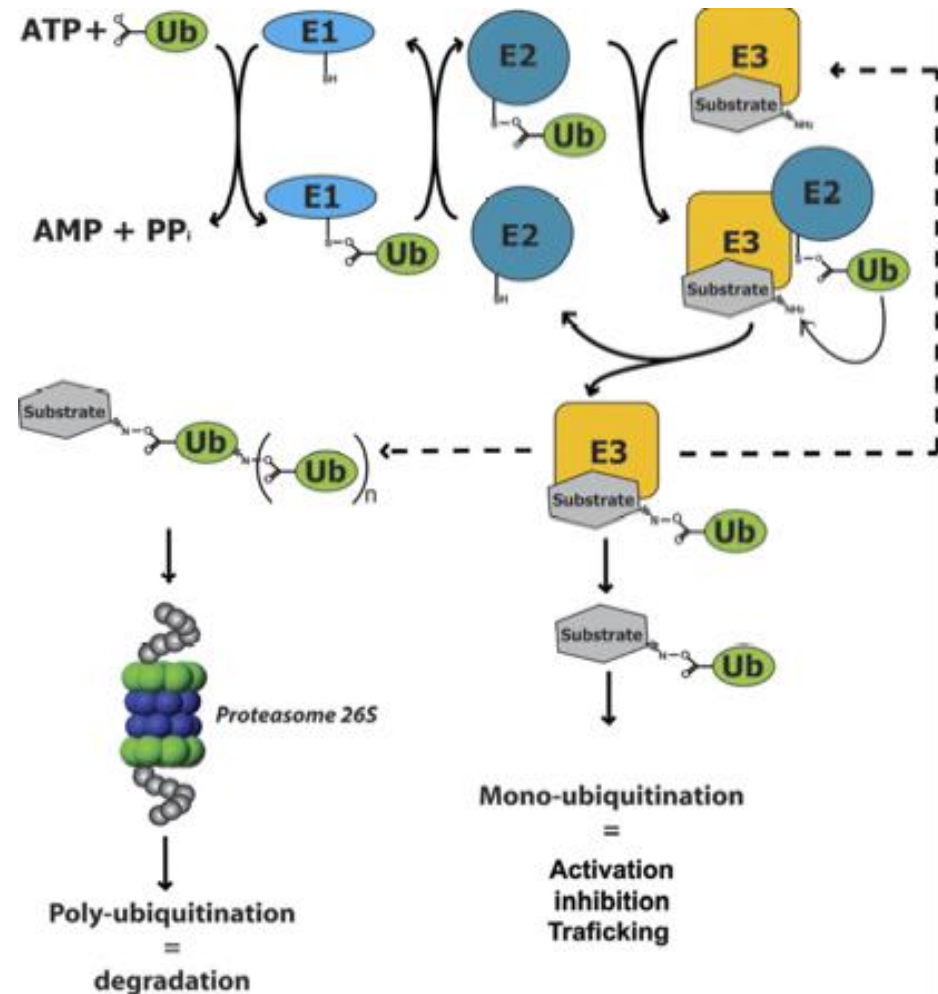
# Há também o controle da quantidade de proteínas

## Processo de ubuquitinação

E1 – complex de ativação da ubiquitina  
E2 – Enzima conjudadora da ubiquitina (resíduo de cisteína)  
E3 – Ubiquitina ligase

Transferência para lisina da proteína alvo  
Ligação com a glicina C-terminal da ubiquitina

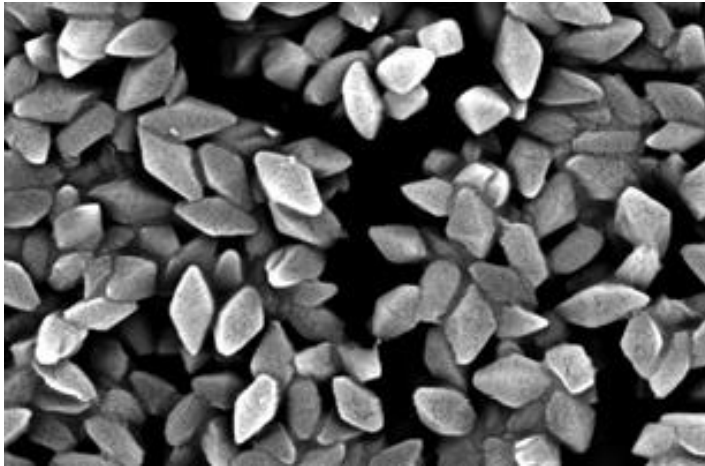
Poliubiquitinação- ligação da nova ubiquitina a lys48...



# Proteínas e a agricultura

## Intacta RR2 PRO

- Tecnologia Bt – proteína Cry1Ac
- Casos de lagartas que ingeriam a proteína, mas não eram controladas: <https://pordentrodoagro.strider.ag/monsanto-sobre-ataque-de-lagarta-em-lavoura-de-soja-com-tecnologia-intacta>



*Proteínas Cry*



© José Roberto Peruca

*Helicoverpa zea*

# CARBOIDRATOS OU POLISSACARÍDEOS

- Biomoléculas mais abundantes na natureza
- Monossacarídeos ou açúcares - glicose

**Fórmula geral:**  $[C(H_2O)]_n$

Daí o nome "carboidrato", ou "hidratos de carbono"

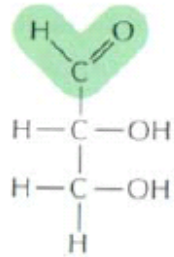
## **Funções:**

- **Fonte de energia**
- **Reserva de energia**
- **Estrutural**
- **Matéria prima para a biossíntese de outras biomoléculas**

# MONOSSACARÍDEOS

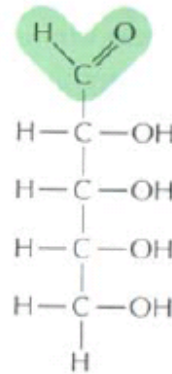
ALDOSES

3 carbonos  
(TRIOSES)



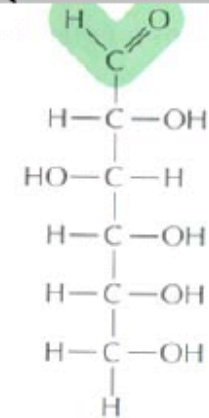
gliceraldeído

5 carbonos  
(PENTOSSES)



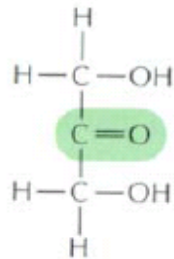
ribose

6 carbonos  
(HEXOSSES)

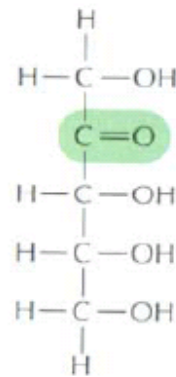


glucose

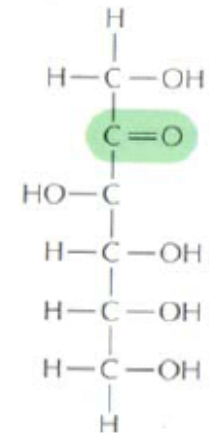
CETOSSES



diidroxiacetona

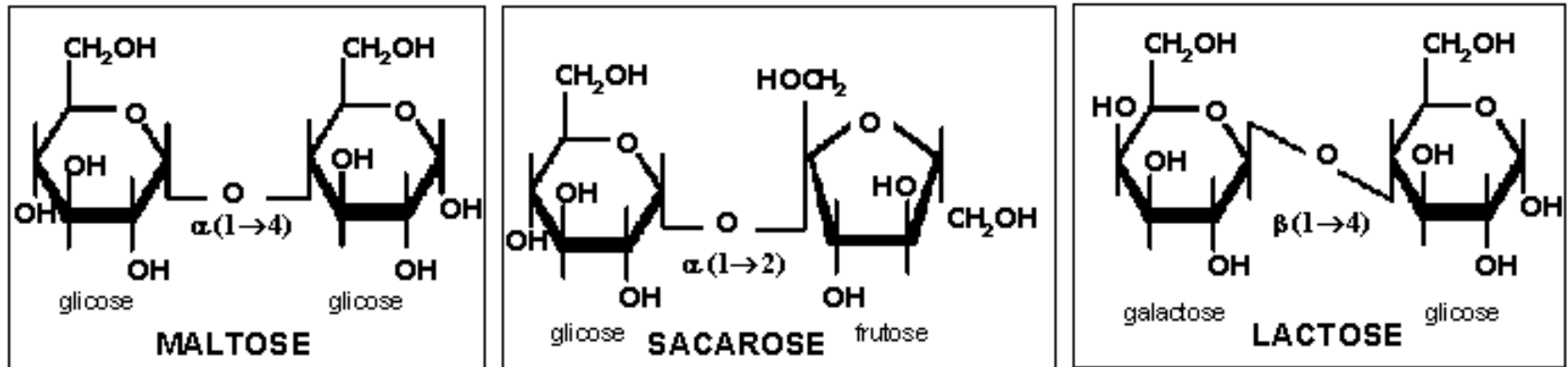


ribulose

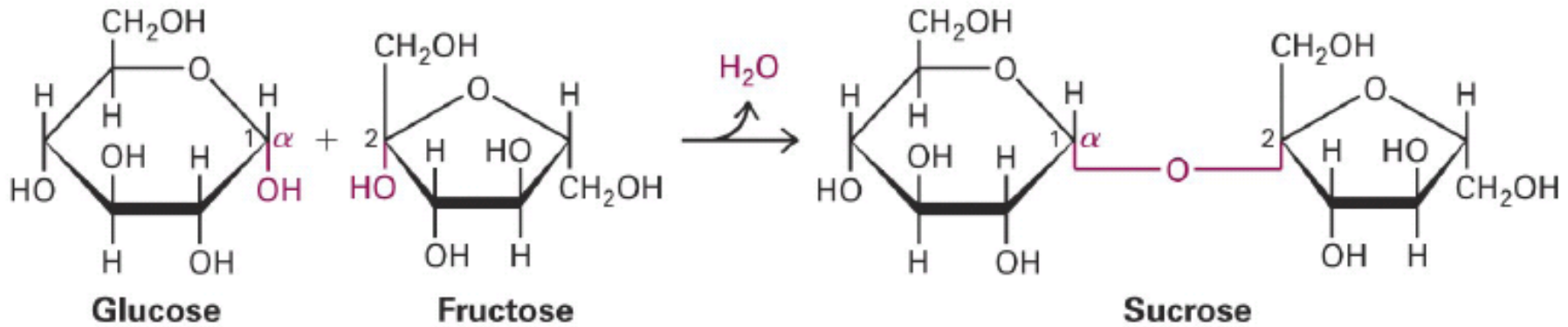
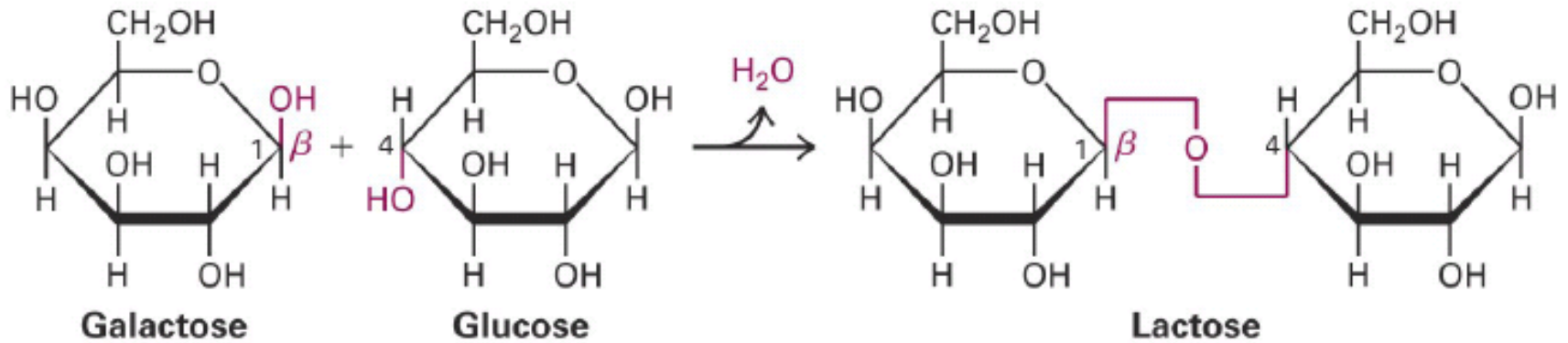


fructose

# DISSACARÍDEOS



# LIGAÇÕES GLICOSÍDICAS



# POLISSACARÍDEOS

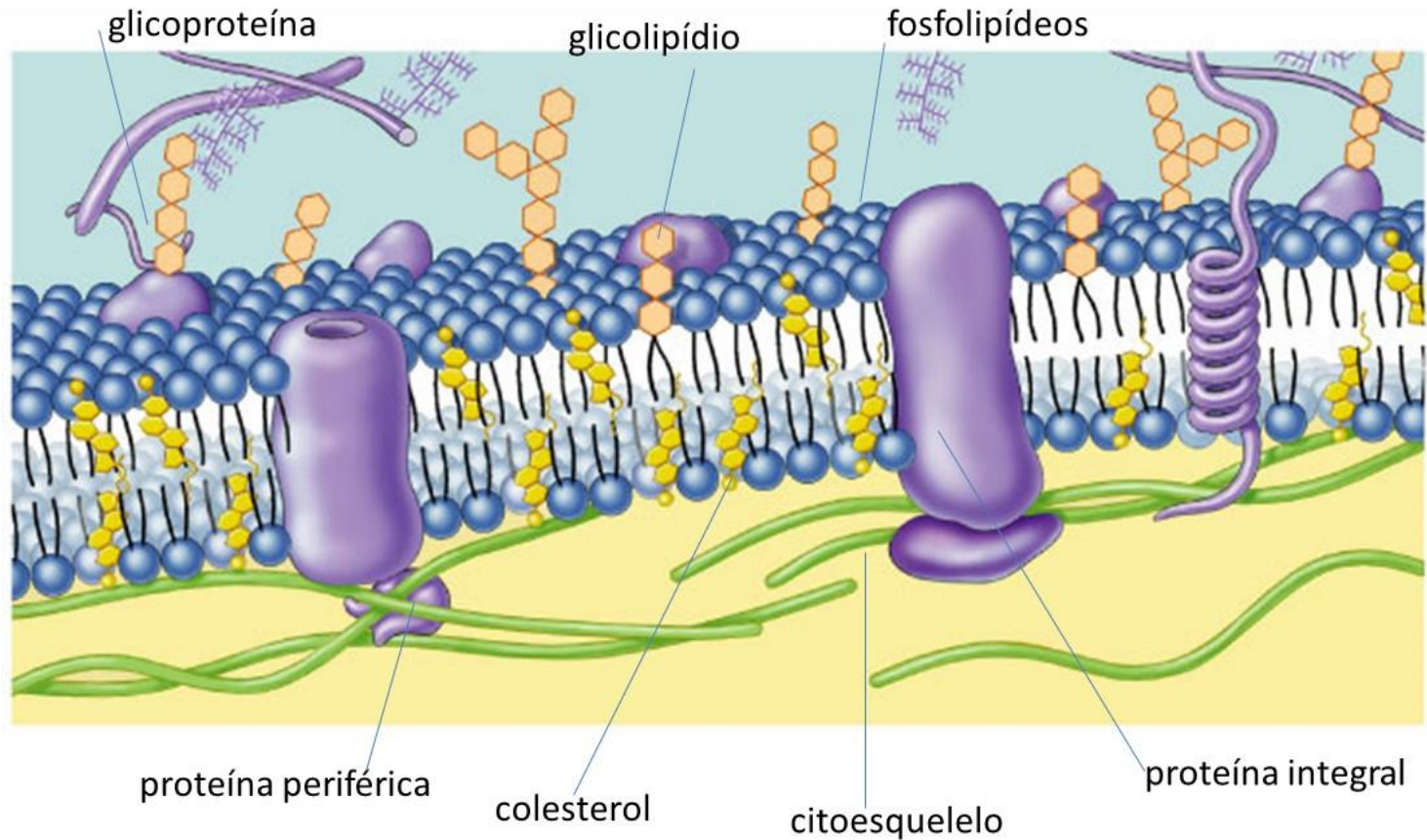
## **Polissacarídeos de reserva (polímeros de glicose):**

1. Glicogênio – células animais, células bacterianas, de fungo
2. Amido – células de planta

## **Polissacarídeos estruturais:**

- Fazem parte da superfície celular onde participam do reconhecimento entre as células para construir tecidos; da constituição dos receptores celulares; das ligações estruturais entre o citoplasma e a matriz extracelular.

# MEMBRANA CELULAR: UM MOSAICO DE MACROMOLÉCULAS



**Glicoproteínas:** carboidratos de cadeias curtas ligados a proteínas na superfície externa da membrana plasmática. **FUNÇÃO:** reconhecimento de moléculas que interagem com a célula;

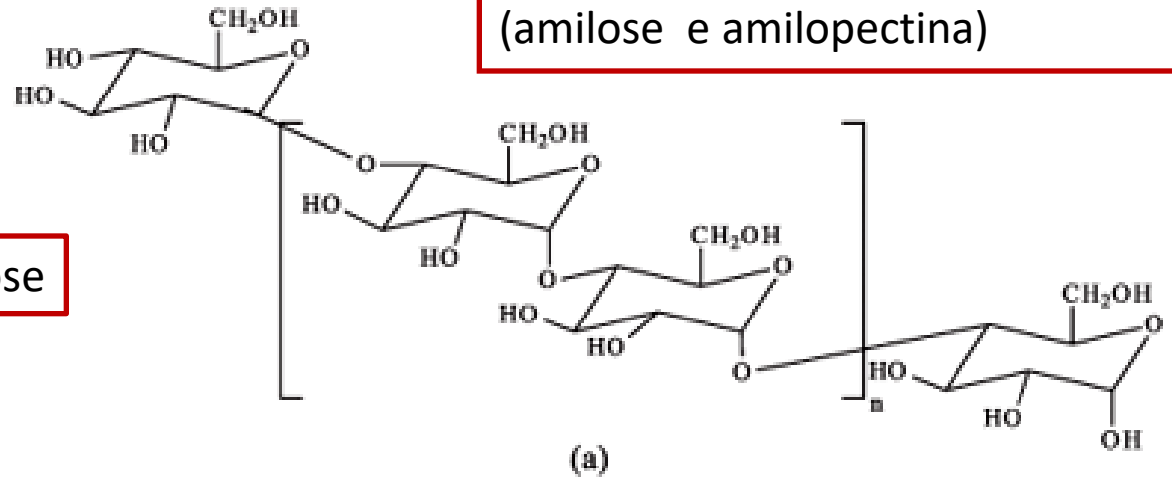
**Glicolipídios:** carboidratos ligados a lipídios. **FUNÇÃO:** processos de reconhecimento celular, proteção da membrana em condições adversas.



## Formas de armazenamento em plantas: AMIDO

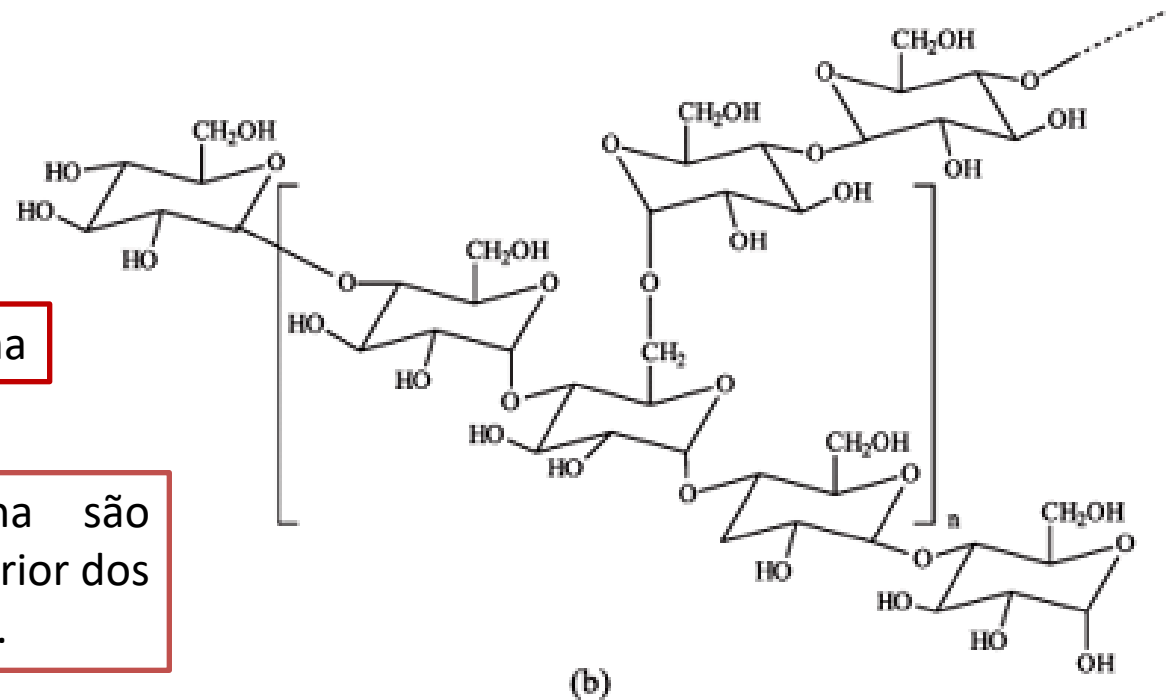
Amido – mistura de dois açúcares (amilose e amilopectina)

Amilose



Maior digestibilidade

Amilopectina



A amilose e a amilopectina são armazenadas como grãos no interior dos amiloplastos nas células vegetais.

# AMIDOS: FONTES, ESTRUTURAS E PROPRIEDADES FUNCIONAIS



# LIPÍDIOS

- Os lipídios definem um conjunto de substâncias químicas que possuem **alta solubilidade em solventes orgânicos** como o éter, o clorofórmio e o benzeno, e **baixa solubilidade em água**.

Estão distribuídos em todos os tecidos, principalmente nas **membranas celulares e nas células do tecido adiposo**.

- Não-polares
- Grupo de substâncias com moléculas diferentes
- Lipídeos de **reserva**, **estrutural** ou **proteção**

# FUNÇÕES

- Reserva nutricional: gorduras neutras (depósitos de triacilgliceróis ou triglicerídeos) – células adiposas;
- Função estrutural: manutenção da estrutura da membranas celulares [ex: fosfolipídeos, glicolipídeos, colesterol (animais), sitosterol (plantas) e ergosterol (fungos)];
- Função de proteção: cutina, suberina e ceras são barreiras à perda de água;
- Função vitamínica: vitaminas A, E e K são lipídios com atividades fisiológicas;
- Função hormonal: os hormônios esteróides entre os quais os da adrenal, ovário e testículo são lipídios informacionais.

# CLASSIFICAÇÃO DOS LIPÍDIOS

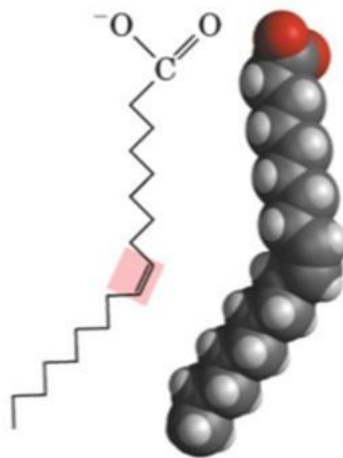
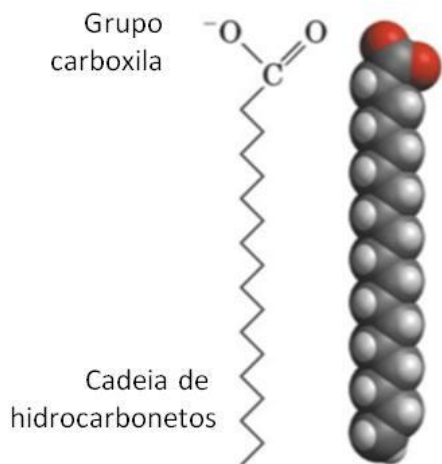
Os lipídios podem ser classificados em: ácidos graxos, triacilglicerídeos, glicerofosfolipídios, fosfolipídios, esfingolipídios, prostaglandinas, terpenóides, esteróides.

- Possuem ácidos graxos + glicerol – geralmente de cadeia aberta

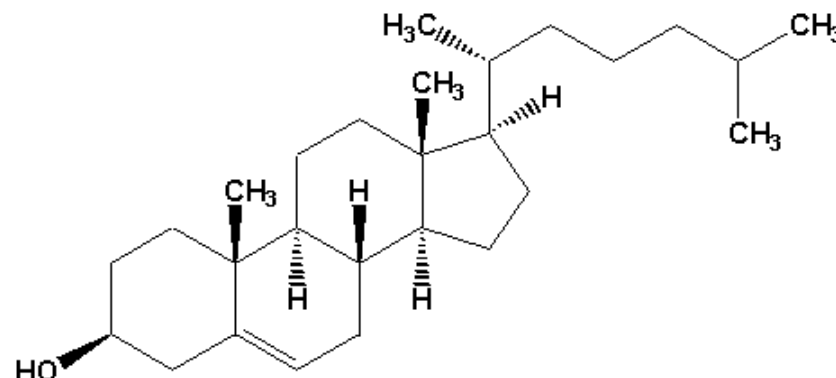
Ex: fosfolipídios, glicolipídios

- Não possuem ácidos graxos – comumente com cadeia cíclica

Ex: esteróides



Ácido graxo



Colesterol

## Estudo brasileiro poderá tornar óleo de soja mais saudável

20 de outubro de 2017



**Karina Toledo, de Campos do Jordão | Agência FAPESP** – Um dos fatores que conferiram ao azeite de oliva a fama de “gordura do bem” foi sua alta concentração de ácido oleico (até 84% do total de ácidos graxos do produto). Também conhecido como ômega 9, trata-se de um ácido graxo monoinsaturado ao qual têm sido atribuídas propriedades anti-inflamatórias e a capacidade de reduzir o colesterol ruim (LDL).

No óleo de soja, esse nutriente também está presente, mas em quantidades mais modestas – em média 23% do total de ácidos graxos do produto. Mas esse número poderá se tornar significativamente maior no futuro, se depender dos esforços de pesquisadores da Universidade Santa Cecília (Unisantia), em Santos, e da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) da Universidade de São Paulo (USP).

“Aumentar o teor de ácido oleico no óleo de soja seria interessante não apenas para o consumo humano como também para a



Pesquisadores buscam marcadores genéticos que possibilitem, por meio da seleção genômica, aumentar o teor de ácido oleico no óleo de soja, o que também seria útil para a produção de biodiesel (foto: United Soybean Board / Wikimedia)

<http://agencia.fapesp.br/estudo-brasileiro-podera-tornar-oleo-de-soja-mais-saudavel/26457/>

# ESTUDO DIRIGIDO

1. Importância da Água.
2. Macromoléculas mais abundantes na célula.
3. Subunidades que compõe as macromoléculas.
4. Função das macromoléculas.
5. Níveis de estrutura em proteínas.
6. Estrutura e função dos polissarídeos
7. Estrutura e função dos lípidios.



## Capítulo 2 – Componentes químicos das Células

Alberts, B.; Bray, D.; Hopkin, K.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. 2011. ***Fundamentos da Biologia Celular***. 3ª Edição brasileira. Artmed, Porto Alegre