



APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA

16-MARÇO-2023

QBQ-0313

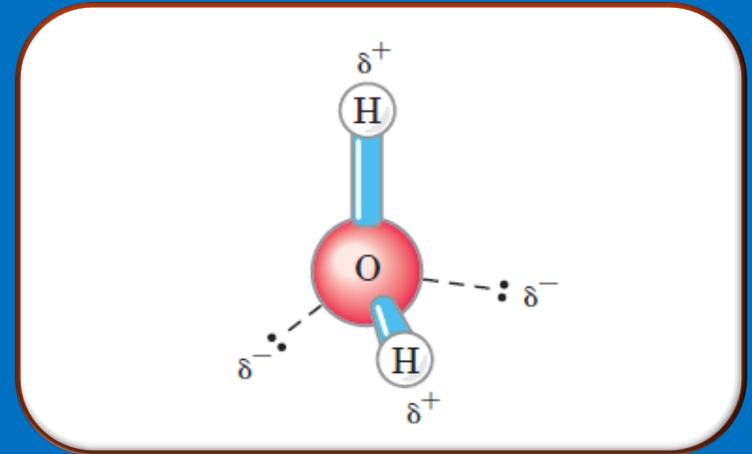
Bioquímica do Metabolismo – Nutrição Noturno

Horário, salas e avaliação

- Curso de Bioquímica para estudantes do curso noturno da Faculdade de Nutrição.
- Horário: 19:00 às 23:00 às quintas-feiras
 - 19:00 às ~20:30 aula expositiva
 - 20:30 às 20:45 intervalo
 - 20:45 às 22:00 período de estudos e exercícios
 - 22:00 às 23:00 discussão e correção dos exercícios do dia
- Local: Salas 613 (teórica) e 608 (estudos);
laboratório de bioinformática na sala Multimídia (sala 0168) no bloco B1 superior.

Horário, salas e avaliação

- A avaliação de desempenho será composta dos seguintes itens:
 - Provas em grupo (exercícios), que consistirão num trabalho em grupo para resolução de questões objetivas após a aula expositiva (incluindo exercícios extra-aula);
 - Relatórios de laboratório e multimedia (R1 a R2);
 - Provas escritas individuais (P1 e P2).
- O critério de avaliação será feito de acordo com a Fórmula
- $$\text{Media final} = (\sum \text{Exercícios}/10) \times 0,15 + (\sum \text{Relatórios}/2) \times 0,15 + [(P1 + P2)/2] \times 0,7$$
- Haverá uma única prova substitutiva para substituir uma das provas individuais de avaliação. Reposições de exercícios ou relatório de laboratório estão vetados.
- A presença em todas as atividades é obrigatória. A lista de presença será passada em todas as aulas.
- Alunos que alcançarem a média final $\geq 5,0$ e mostrarem frequência $\geq 70\%$ estarão aprovados. Aqueles cuja média for no mínimo igual a 3,0 e apresentarem frequência $\geq 70\%$ poderão fazer a prova de recuperação.
- Para receber informações sobre o andamento do curso, mudanças de horários ou provas, etc, cadastre-se no site E-disciplinas (Moodle) da USP (<https://edisciplinas.usp.br/>).



ÁGUA, TAMPÕES E pH DO SANGUE

16-MARÇO-2023

QBQ-0313

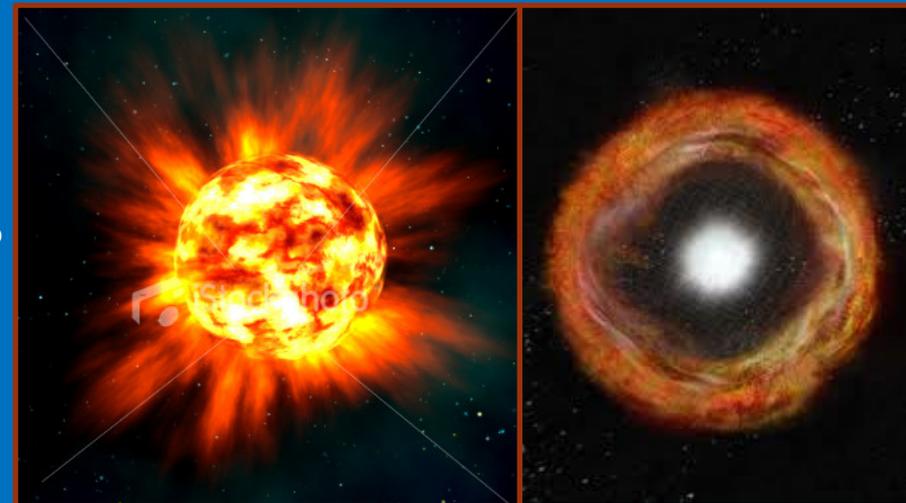
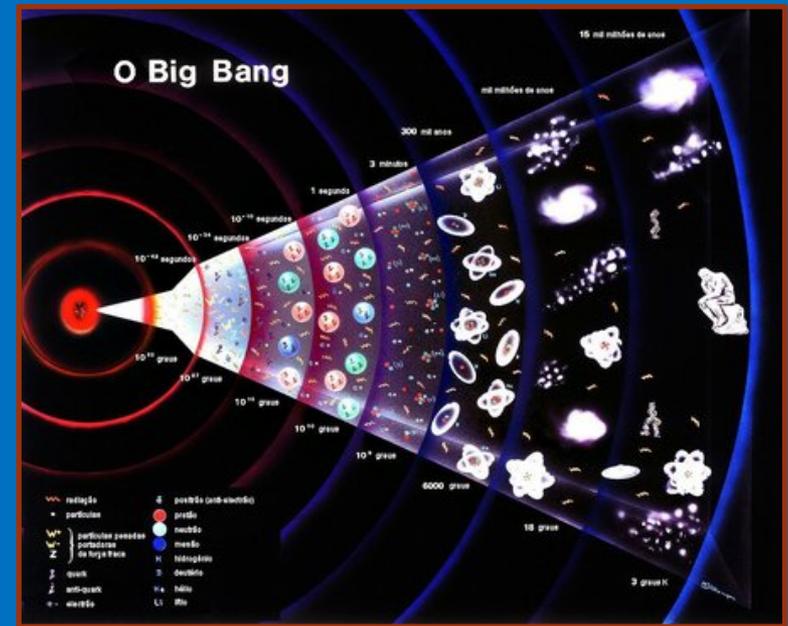
Bioquímica de Macromoléculas – Nutrição Turma Noturno



De onde nós viemos?
Qual a origem das moléculas da vida?

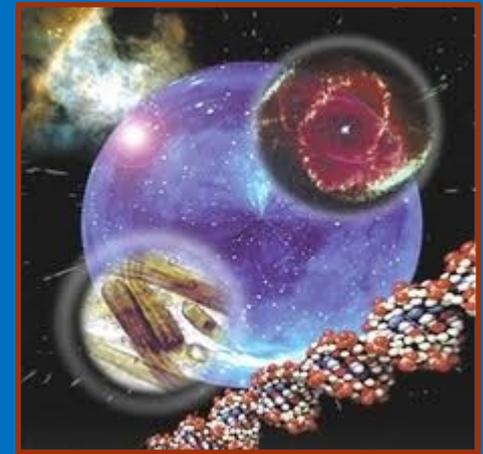
A vida se originou nas estrelas

- A mais ou menos 15 bilhões de anos, o universo se formou num instante, conhecido com o 'big-bang'.
- Uma erupção cataclísmica de calor e energia formou o universo que conhecemos.
- Em segundos, elementos simples (como Hidrogênio e Hélio) foram formados e a medida em que o universo se expandiu e esfriou, a matéria se condensou na forma de estrelas.
- Dentro das estrelas, Hidrogênio e Hélio se fundiram, dando origem a elementos como carbono, nitrogênio, oxigênio, Ferro, etc.
- Algumas dessas estrelas se tornaram enormes e explodiram na forma de supernovas, propiciando a fusão de átomos e a formação de elementos ainda mais pesados (metais, como cobre, ouro e prata, por exemplo).
- Assim, foram formados ao longo de bilhões de anos, planetas como a terra e os elementos aqui encontrados.



Os princípios da vida e da bioquímica

- A aproximadamente 4 bilhões de anos, a vida surgiu na terra.
- Ela surgiu inicialmente como organismos simples, capazes de extrair energia de compostos químicos, e mais tarde, da luz, energia esta utilizada para produzir uma gama de compostos biológicos complexos a partir dos simples elementos encontrados na terra.
- A bioquímica, portanto, procura entender como as interações desses milhares de compostos biológicos podem resultar nas propriedades fantásticas da vida como conhecemos.
- O estudo da bioquímica nos mostra como uma coleção de moléculas inanimadas que compõem um organismo vivo, interage para manter e perpetuar a vida, utilizando as mesmas leis da química e física que governam o universo inanimado.



Os princípios da vida e da bioquímica

- Alto grau de complexidade química e organização (microscópica).
- Sistemas capazes de extrair, transformar e utilizar energia do ambiente.
- Funções definidas para cada componente de um organismo vivo, assim como interação regulada entre esses componentes.
- Mecanismos para sentir e responder a alterações ambientais.
- Capacidade de auto-replicação e auto-montagem.
- Capacidade de mudar ao longo do tempo (evolução), essencial para se adaptar a mudanças ou a novos ambientes.



Quantos elementos são necessários para a vida?

Group→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓Period																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La *	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac **	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
				* 58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
				** 90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	



A composição da vida

- Seres vivos são compostos por um número relativamente pequeno de elementos.
- Carbono, nitrogênio, oxigênio, hidrogênio, fósforo e enxofre, correspondem a 92% da massa seca de organismos vivos.
- Apenas 26 dos 90 elementos naturais conhecidos são necessários para uma ser vivo.

Table 1-3 Elemental Composition of the Human Body

Element	Dry Weight (%) ^a	Elements Present in Trace Amounts
C	61.7	B
N	11.0	F
O	9.3	Si
H	5.7	V
Ca	5.0	Cr
P	3.3	Mn
K	1.3	Fe
S	1.0	Co
Cl	0.7	Ni
Na	0.7	Cu
Mg	0.3	Zn
		Se
		Mo
		Sn
		I

^aCalculated from Frieden, E., *Sci. Am.* **227**(1), 54–55 (1972).

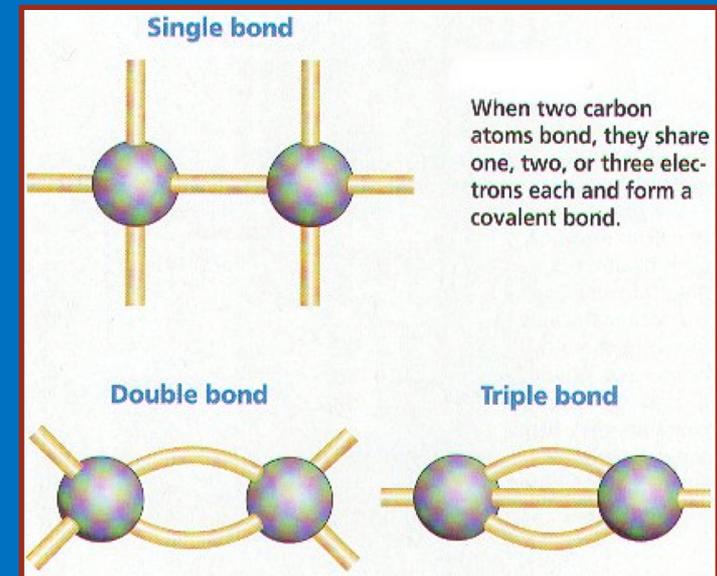
Legend:
 Major elements
 Trace elements

1 H																	2 He				
3 Li	4 Be															5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg															13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr				
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe				
55 Cs	56 Ba	57–70 Lanthanides	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn			
87 Fr	88 Ra	89–102 Actinides	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rt	112 Uub									

Figure 1-37 Periodic table in which the 26 elements utilized by living systems are highlighted in blue.

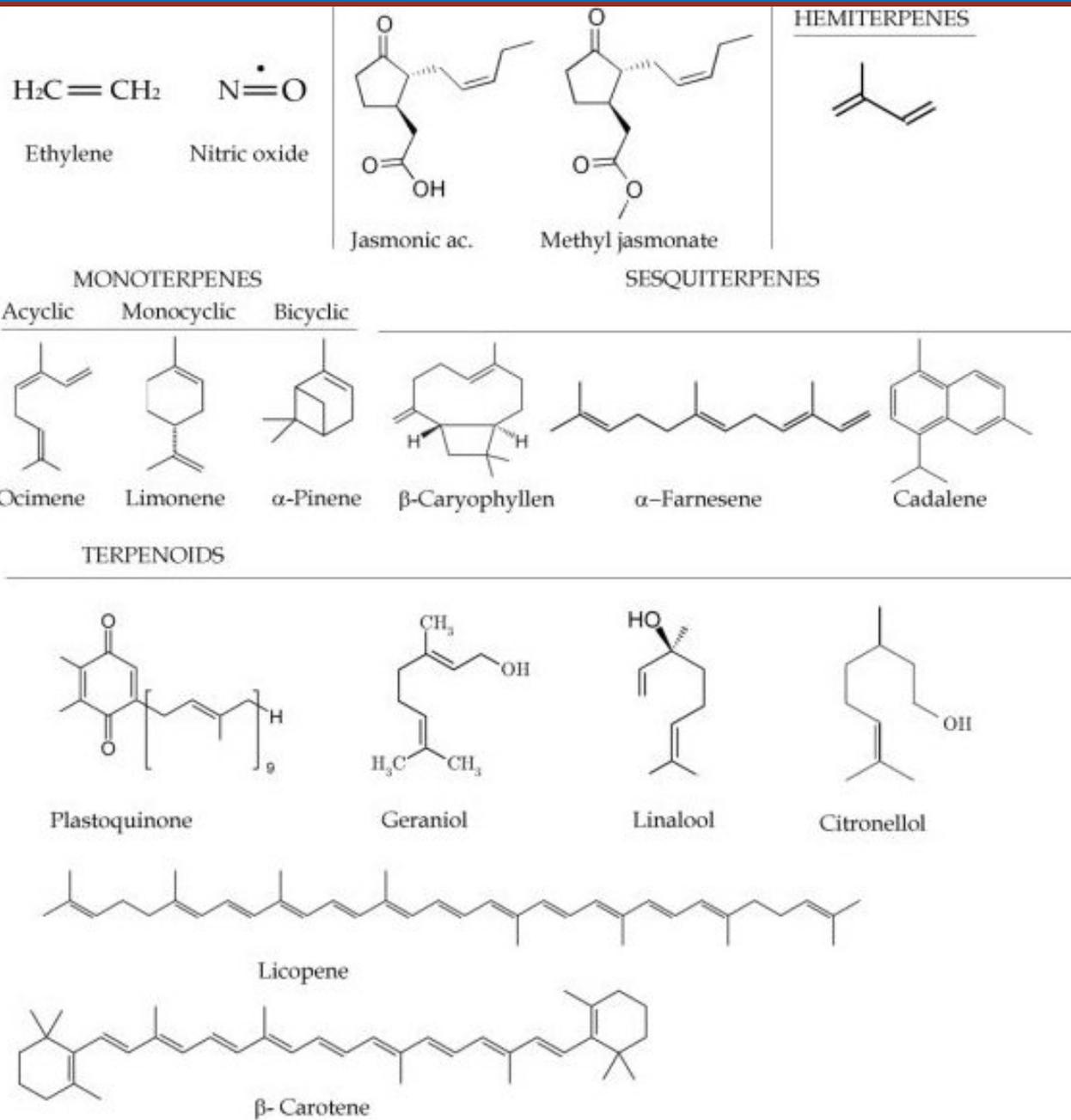
O carbono e a matéria orgânica

- A predominância do carbono na matéria viva é sem dúvida o resultado da tremenda versatilidade deste elemento
- Sua capacidade única de formar quatro ligações covalentes estáveis
- Incluindo ligações simples, duplas e triplas
- Isto resulta na capacidade de formar um número virtualmente infinito de compostos
- Dos milhões de compostos conhecidos até o presente, ~90% deles são moléculas orgânicas



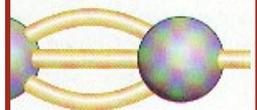
O carbono

- A predominância de compostos orgânicos sem dúplice ligação deste elemento.
- Sua capacidade de formar ligações covalentes.
- Incluindo ligações simples, duplas e triplas.
- Isto resulta em uma diversidade virtualmente infinita de compostos orgânicos.
- Dos milhões presentes, apenas alguns são conhecidos.



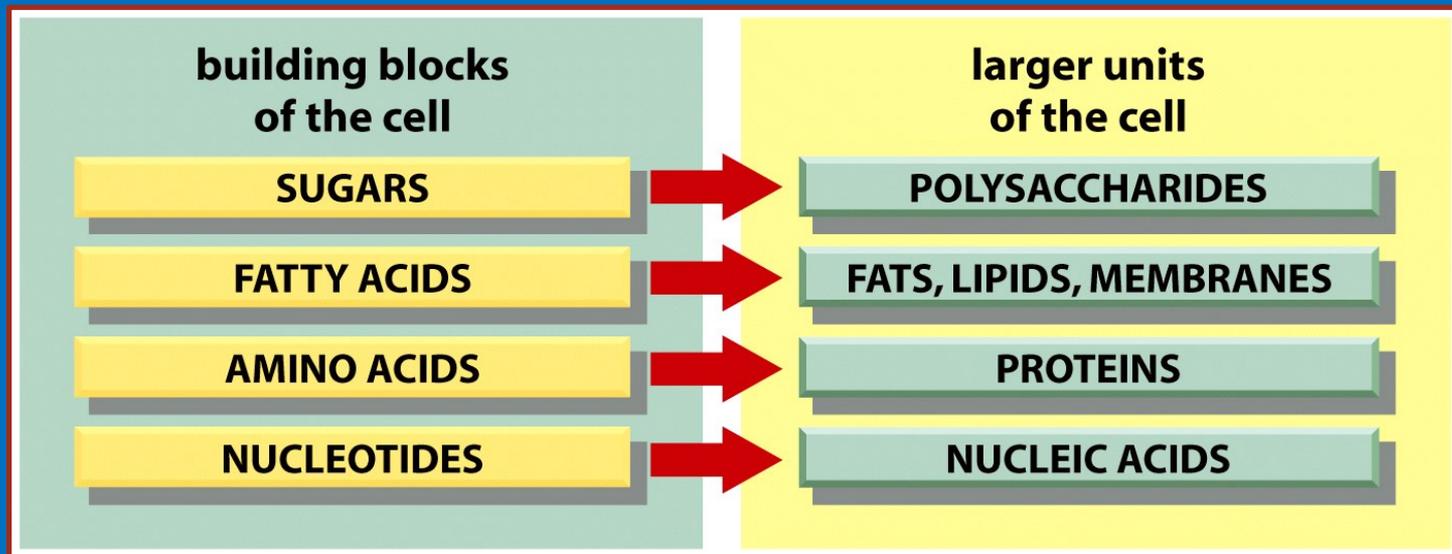
When two carbon atoms bond, they share one, two, or three electrons each and form a covalent bond.

Triple bond



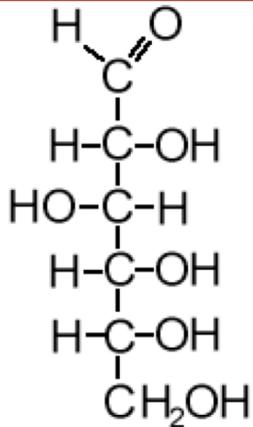
As macromoléculas

- Seres vivos são compostos, basicamente, por quatro grupos de moléculas
- Açúcares, ácidos graxos, amino ácidos e nucleotídeos
- Estas moléculas pode se unir para formas macromoléculas: polissacarídeos (carboidratos), gorduras e lipídeos, proteínas e os ácidos nucleicos

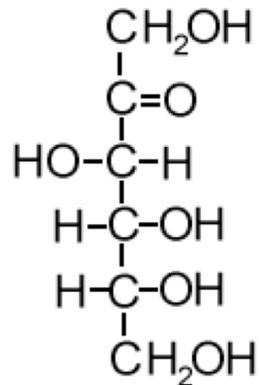


Os carboidratos

- Os carboidratos são moléculas importantes para a síntese de diversas macromoléculas
- São também fontes importantes de energia para os organismos
- Quando conjugados uns aos outros, formam longas cadeias chamadas "polissacarídeos"



Glucose

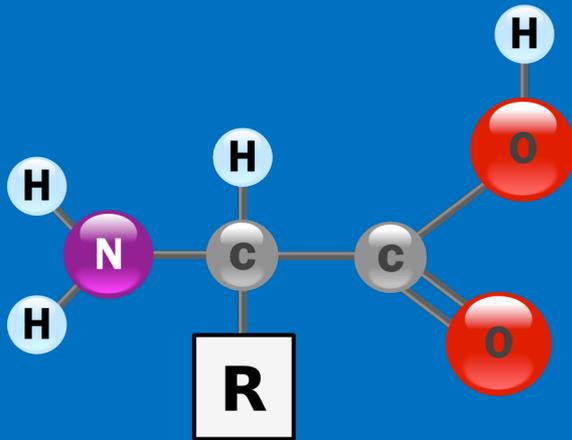


Fructose



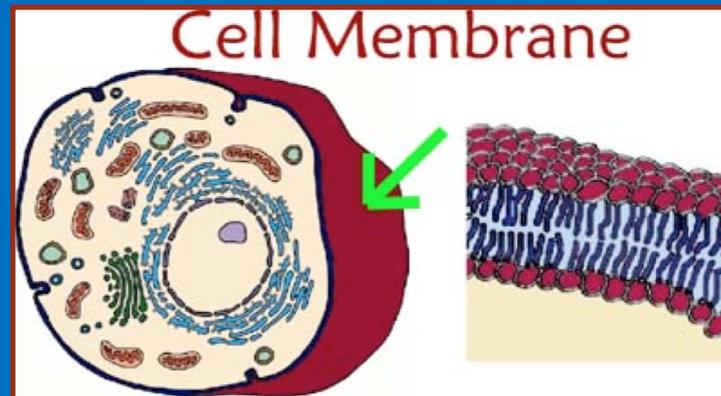
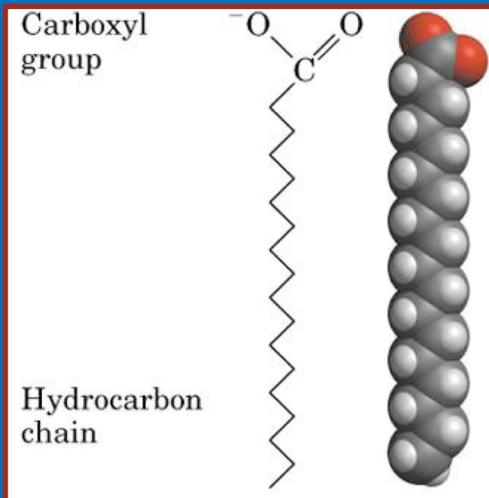
Os amino ácidos e as proteínas

- Os amino ácidos são componentes essenciais para a síntese das proteínas
- As proteínas são macromoléculas com funções diversas nos organismos (enzimas, sustentação, etc)



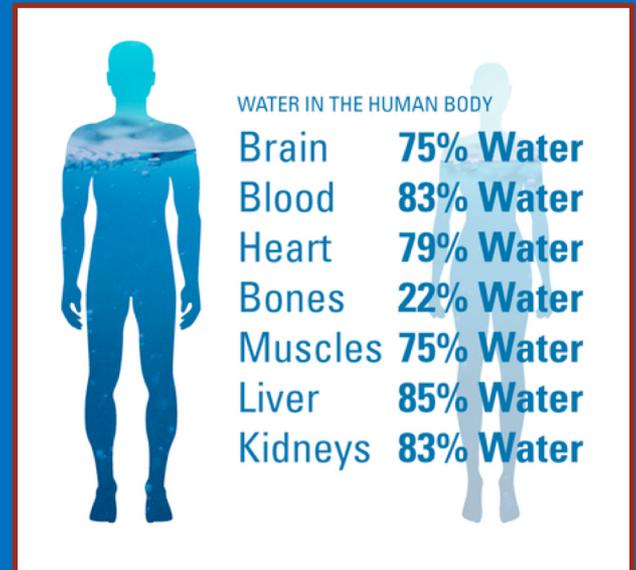
Ácidos graxos

- Os ácidos graxos e gorduras pertencem a uma classe ampla de moléculas orgânicas insolúveis
- São componentes essenciais da células e da membrana da célula
- São também fontes de energia e armazenamento energético dos organismos



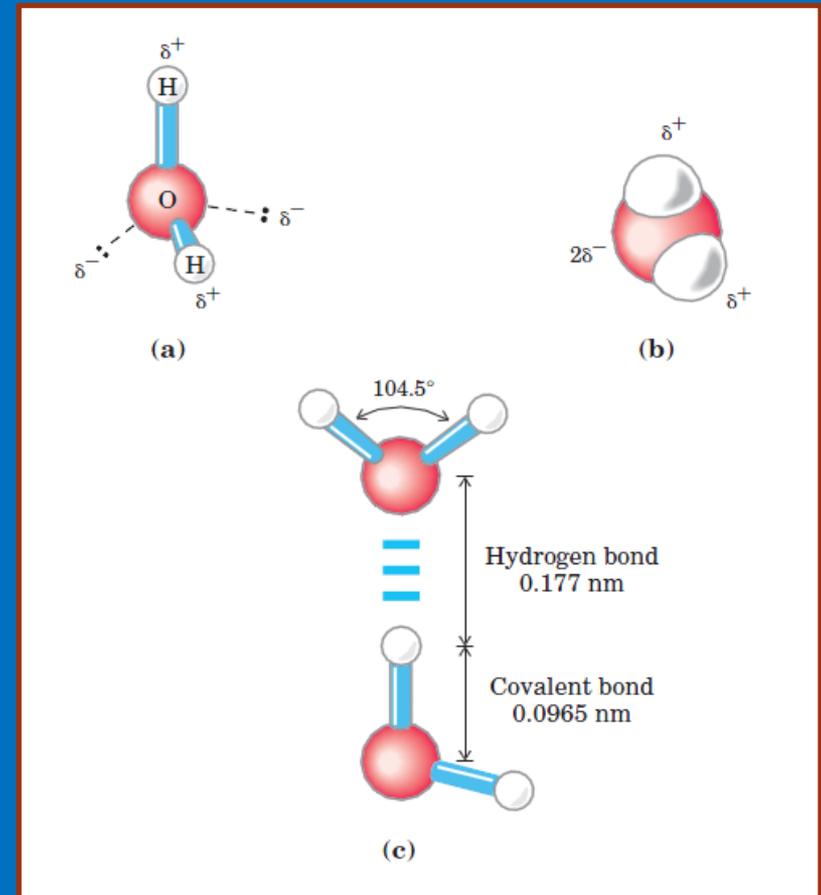
A água e a vida

- A água é um dos componentes (essenciais) da vida como conhecemos.
- A água é a substância mais abundante em sistemas biológicos, perfazendo 70% ou mais em peso de um organismo.
- Sem dúvida, a primeira forma de vida se originou num meio aquoso, e o curso da evolução tem sido moldada em função das propriedades da água.
- As forças de atração entre moléculas de água e a (leve) tendência de se ionizar são propriedades importantes para a estrutura e função da moléculas biológicas.
- Nesta aula, vamos abordar temas como a constante de equilíbrio da água, pH, e titulação de ácidos e bases, e como estas propriedades influenciam a solubilidades e a interação entre moléculas.



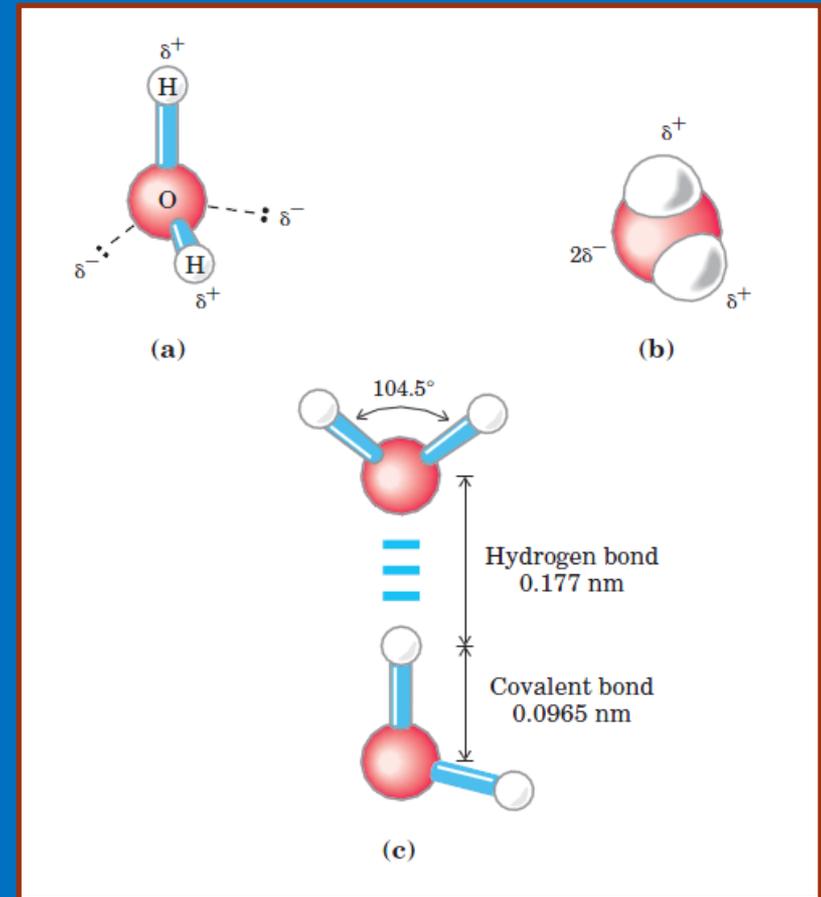
A estrutura da água e a ligação de hidrogênio

- Analisando a estrutura da molécula de água, podemos entender o porquê destas propriedades.
- Cada átomo de hidrogênio compartilha um par de elétrons com o átomo central de oxigênio, formando um tetraedro (a).
- Como oxigênio é mais **eletronegativo** que hidrogênio, os pares de elétron são atraídos para próximo do núcleo do átomo central de oxigênio.
- Isto faz com que haja a formação de um dipolo ao longo das ligações H-O;



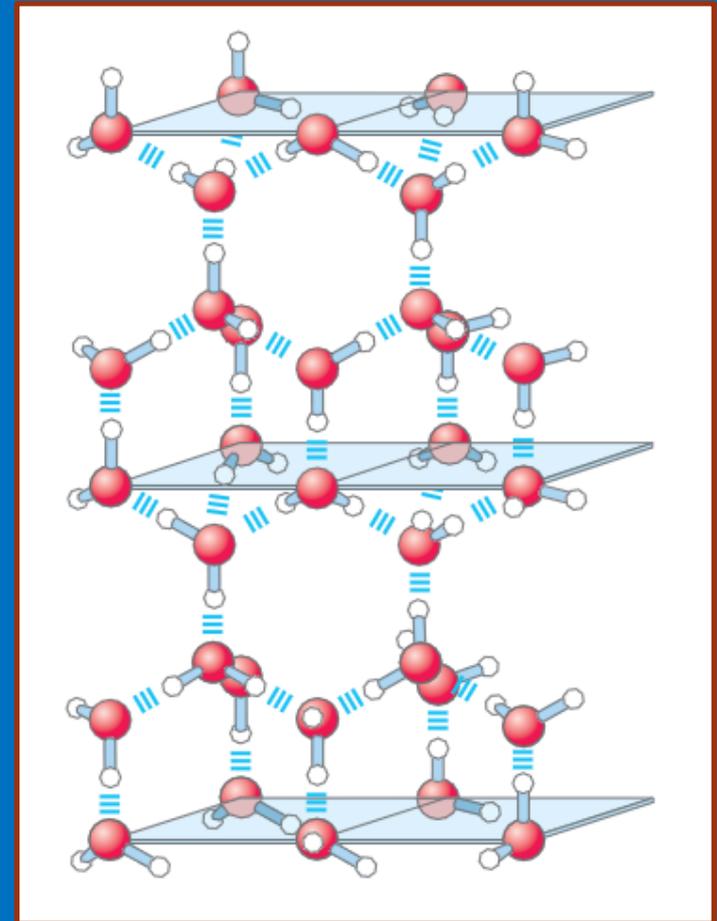
A estrutura da água e a ligação de hidrogênio

- Cada Hidrogênio carrega uma carga positiva parcial (δ^+) 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.



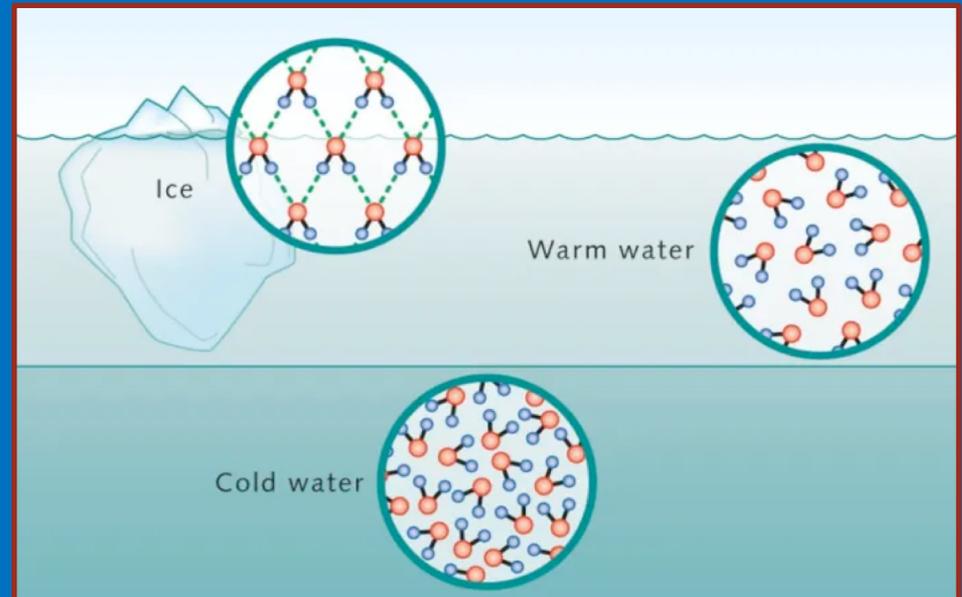
A estrutura da água

- O arranjo em tetraedro dos orbitais do átomo de oxigênio permite a formação de ligações de hidrogênio com até 4 molécula de água .
- No estado líquido, à temperatura ambiente e pressão atmosférica, as moléculas de água encontram-se desorganizadas e em movimento contínuo, formando apenas, em média, 3.4 ligações de hidrogênio com outras moléculas de água.
- Já no estado sólido (gelo), elas encontram-se imóveis e formam todas as 4 ligações de hidrogênio possíveis.



A estrutura da água

- Já no estado sólido (gelo), elas encontram-se imóveis e formam todas as 4 ligações de hidrogênio possíveis.
- É interessante observar que, quando a água congela, sua estrutura cristalina faz com que a água expanda
- Ou seja, a mesma massa num volume maior (menor densidade)
- Por isso, o gelo flutua na água líquida



<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/water-you-water-and-human-body>

A estrutura da água

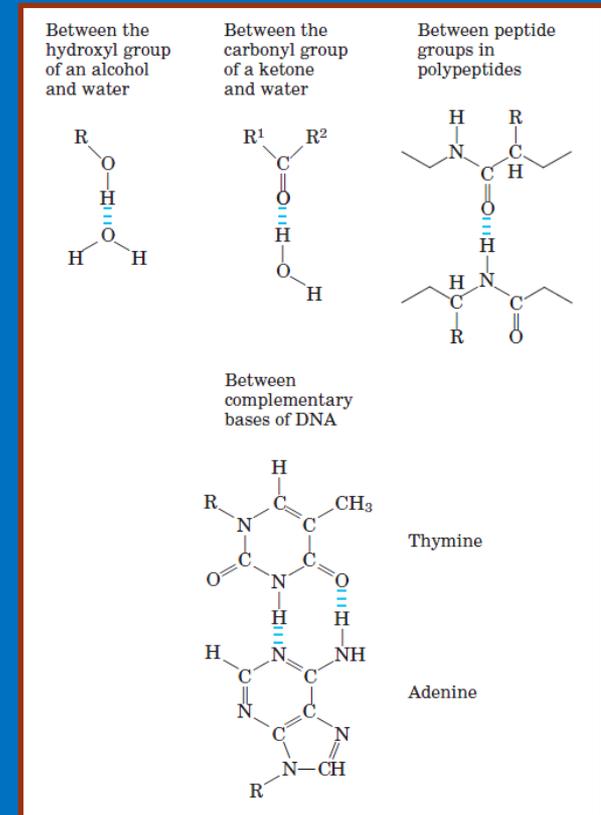
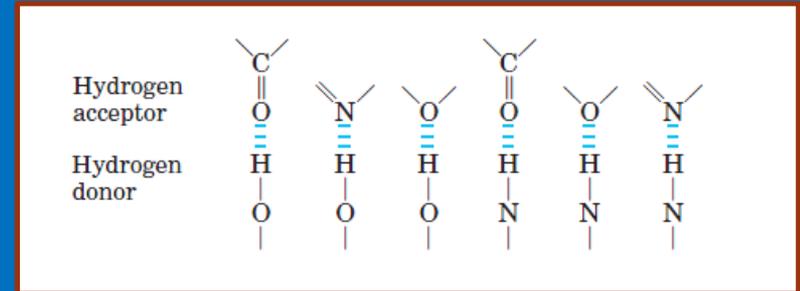


- A expansão da água em baixas temperaturas é perigosa para a vida
- As nossas células não suportam a formação de cristais de gelo, nem o aumento de volume
- Isto faz que nossas células rompam e morram
- Alguns animais, como sapos (*Rana sylvatica*), criaram mecanismos que permitem que suas células suportem baixas temperaturas e congelamento



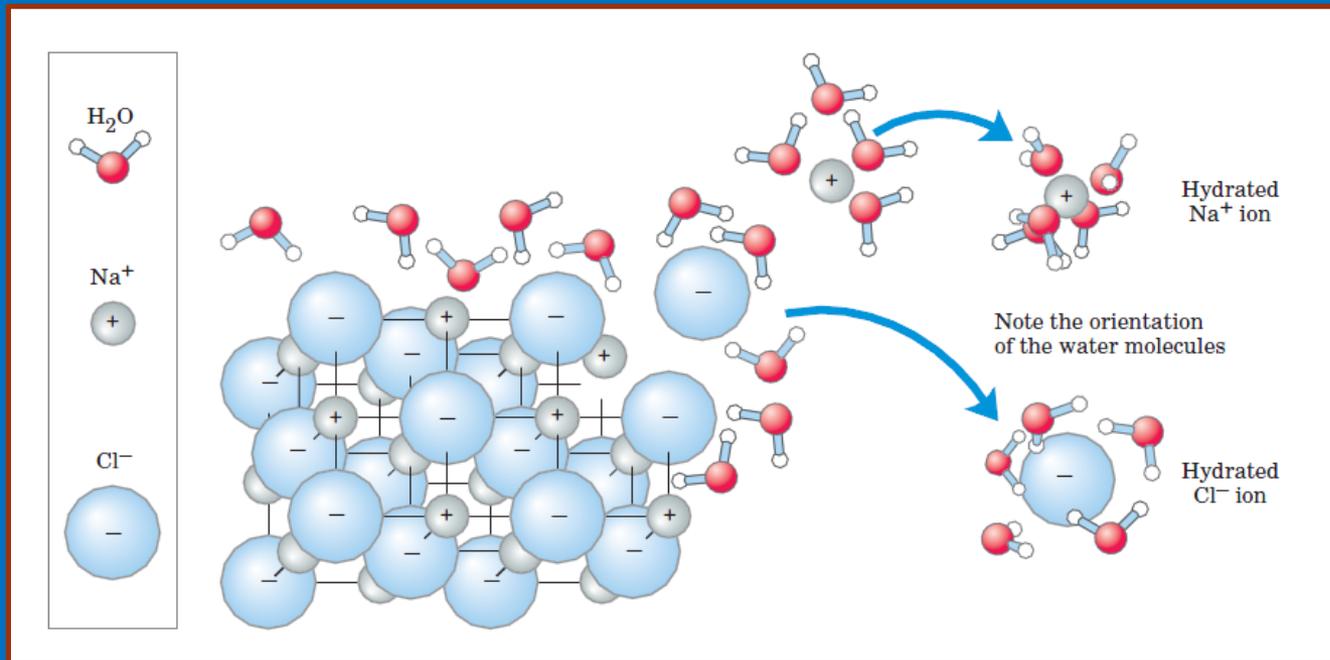
A ligação de hidrogênio não é exclusiva da água

- A formação de ligações de hidrogênio não é exclusiva da molécula de água.
- Ligações de hidrogênio se formam entre quaisquer átomos eletronegativos (geralmente, oxigênio ou nitrogênio) e hidrogênios ligados a átomos eletronegativos.
- A formação de ligações de hidrogênio é importante na solubilidade de várias biomoléculas.
- Álcool, cetonas, aldeídos, e compostos com ligações N-H, forma ligação de hidrogênio com a água.
- Hidrogênios ligados a átomos de carbono (ligação C-H) não participam de ligações de hidrogênio.
- O carbono é apenas um pouco mais eletronegativo que o hidrogênio, formando um dipolo muito fraco.



A água com solvente

- A água é um solvente polar e dissolve boa parte das moléculas biológicas, que geralmente contém grupamentos polares ou carregados (também chamados de compostos hidrofílicos – do grego, amigo da água).
- Em contraste, solventes apolares (tais como clorofórmio ou benzeno) não solubilizam biomoléculas polares, mas solubilizam prontamente compostos hidrofóbicos (moléculas apolares, tais como lipídios e gorduras).
- Por exemplo, a água dissolve sais como NaCl por hidratar e estabilizar os íons Na^+ e Cl^- , enfraquecendo a associação entre eles.

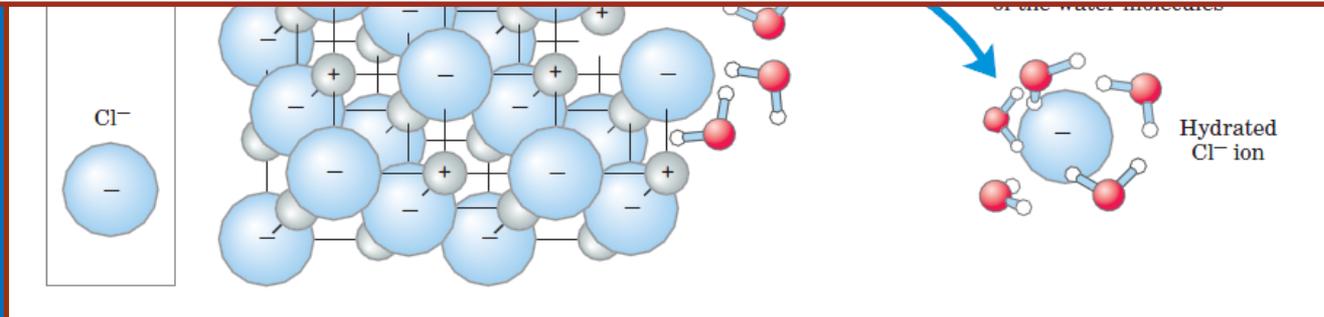
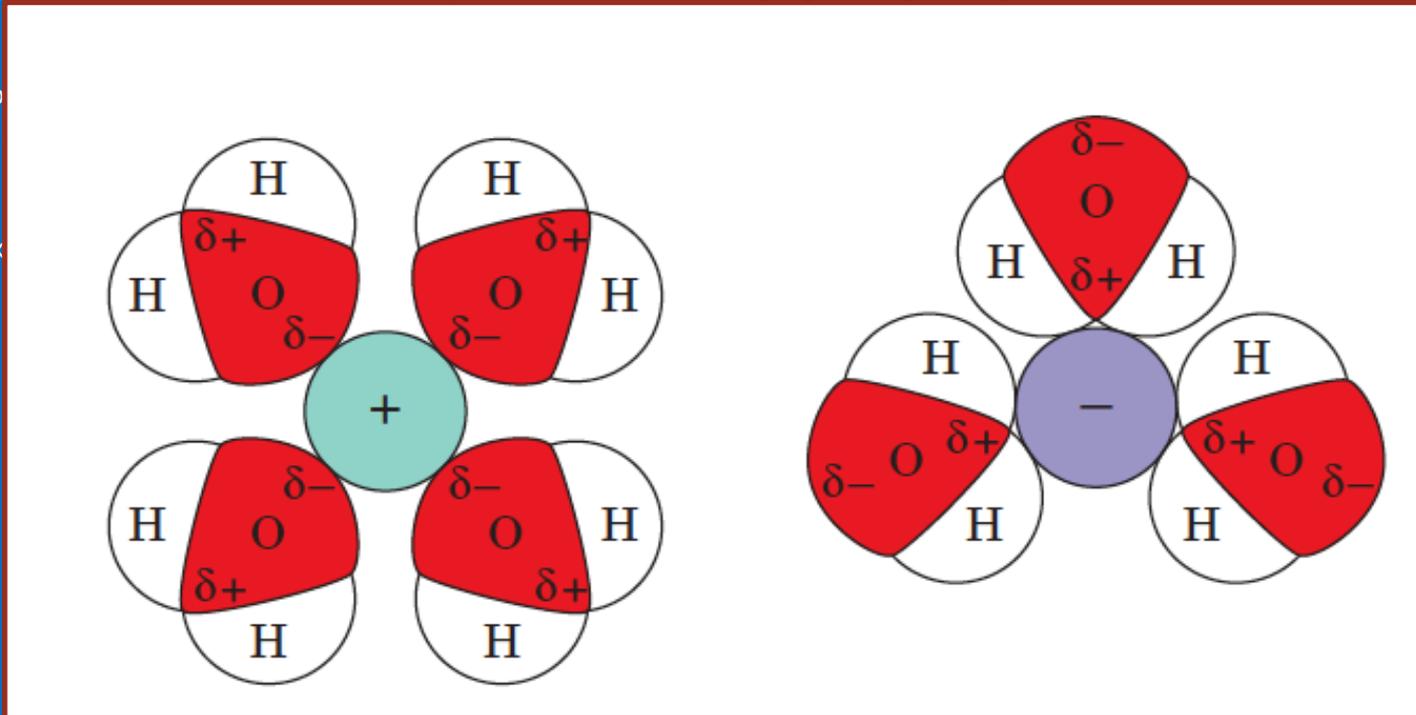


A água com solvente

- A água é um solvente polar e dissolve boa parte das moléculas biológicas, que geralmente contém grupamentos polares ou carregados (também chamados de compostos hidrofílicos – do grego, amigo da água).

- Em co
- solubi

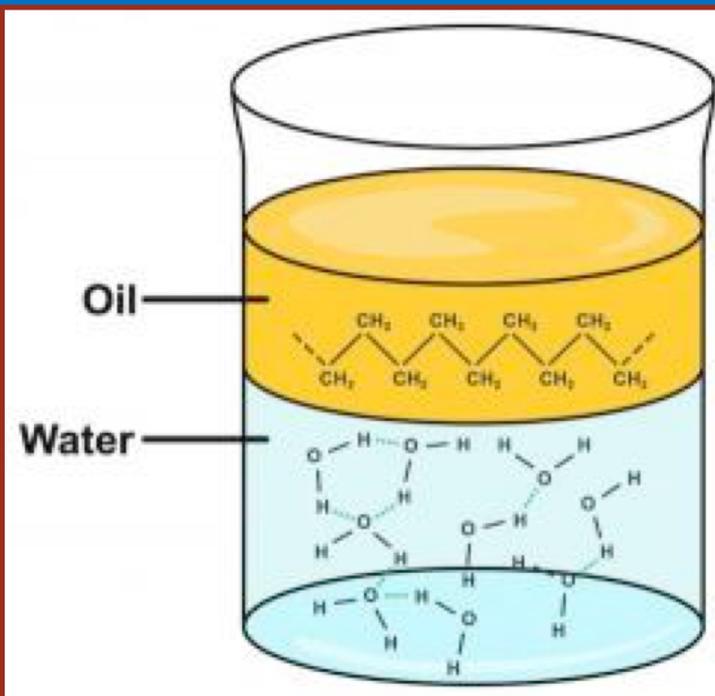
- Por ex
- eles.



io entre

Substâncias insolúveis não interagem com a água

- Em contraste, solventes apolares (tais como clorofórmio ou benzeno) não solubilizam biomoléculas polares, mas solubilizam prontamente compostos hidrofóbicos (moléculas apolares, tais como lipídios e gorduras).
- Óleo e água são um bom exemplo



Oil and Water Don't Mix

Polar Molecule: In a polar bond, the electronegativity of the atom will be different.

Nonpolar molecule: In a nonpolar bond, the electronegativity of the atom will be equal.

Polar dissolves polar. → **Polar + Polar = Solution**

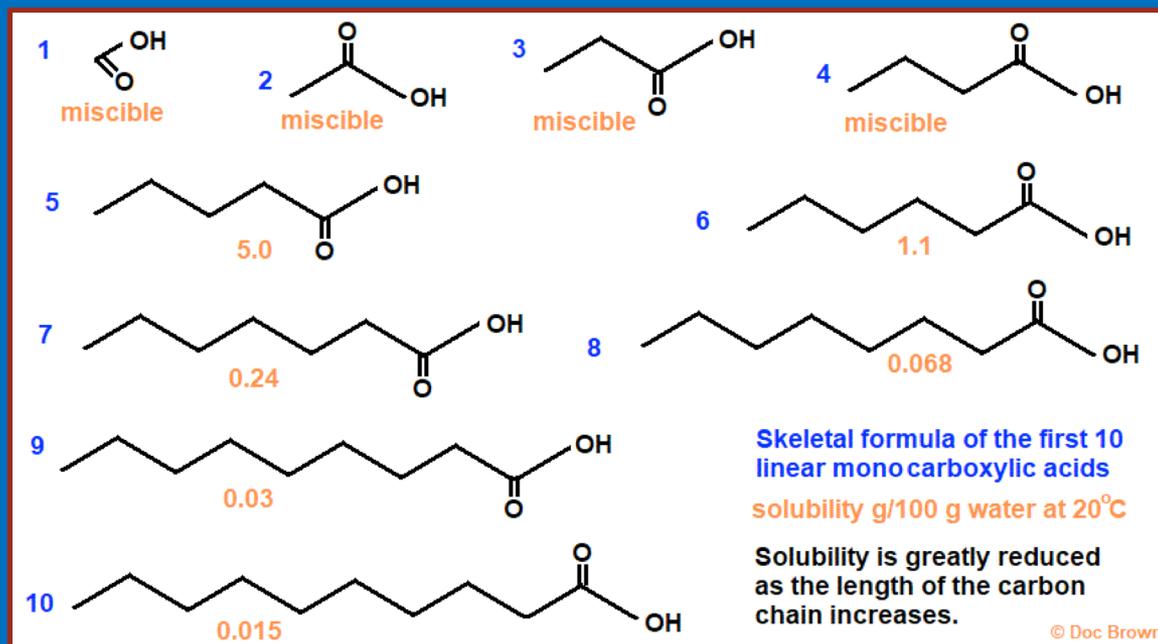
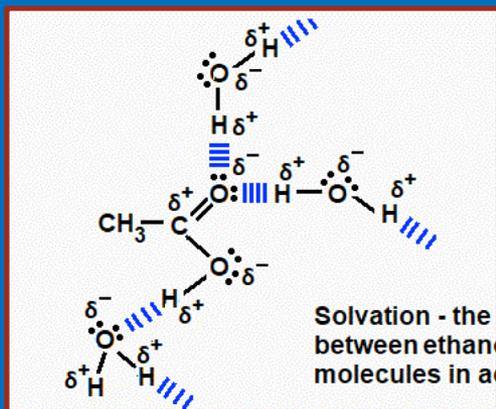
Nonpolar dissolves nonpolar. → **Nonpolar + Nonpolar = Solution**

Water is polar. →

Oil is nonpolar. → **Polar + Nonpolar = Suspension (won't mix evenly)**

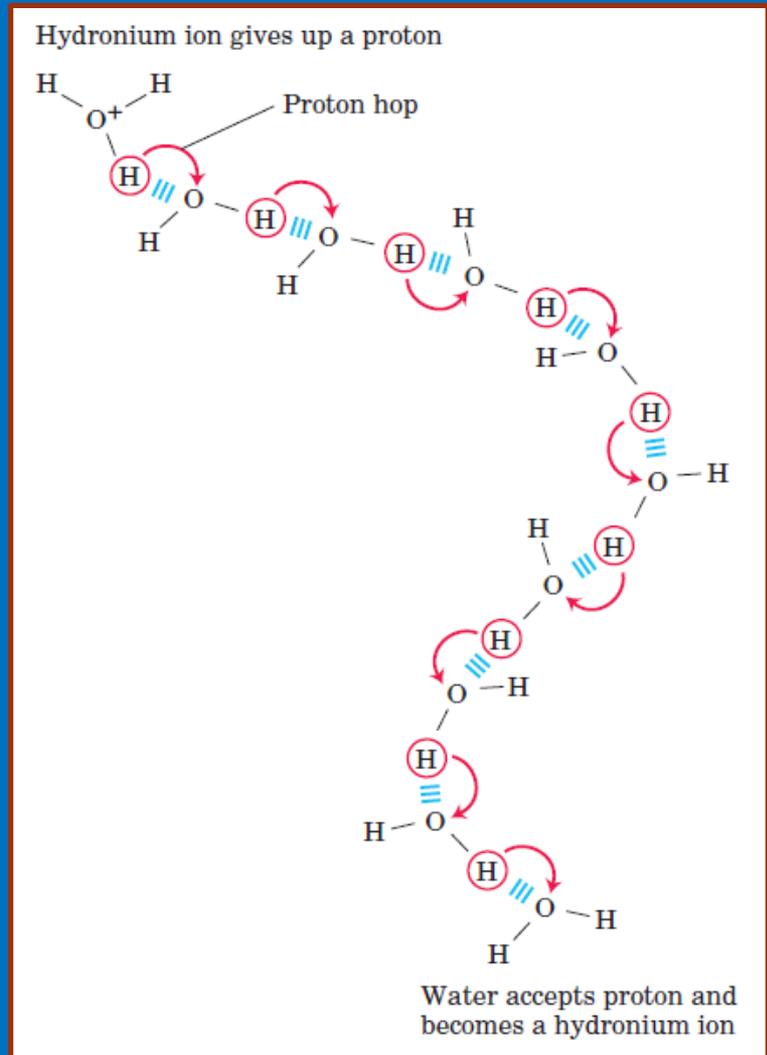
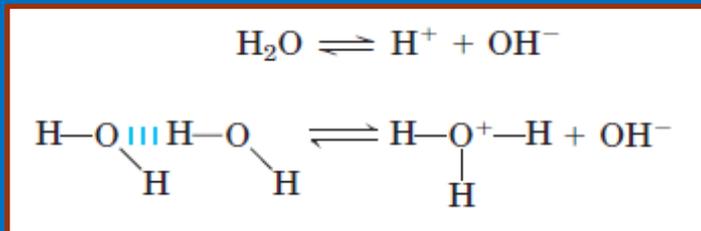
Substâncias insolúveis não interagem com a água

- Em contraste, solventes apolares (tais como clorofórmio ou benzeno) não solubilizam biomoléculas polares, mas solubilizam prontamente compostos hidrofóbicos (moléculas apolares, tais como lipídios e gorduras).
- Óleo e água são um bom exemplo



Ionização da água: ácidos e bases fracas

- A água tem uma (fraca) tendência a se dissociar.
- Como prótons não existem sozinhos em solução, eles imediatamente se associam a outra molécula de H₂O formando o íon hidrônio (H₃O⁺).
- A ionização da água pode ser confirmada dada sua (baixa) condutividade elétrica.



Ionização da água: Kw

- A constante de equilíbrio da água é:

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]}$$

- Considerando que água pura a 25°C tem uma concentração de 55.5 M (1.000 g/L dividido por 18,015 g/mol), então:

$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{55.5 \text{ M}}$$

- Rearranjando a equação, temos o produto iônico da água (K_w):

$$(55.5 \text{ M})(K_{\text{eq}}) = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w$$

- Sabendo-se que o K_{eq} da água a 25°C é de $1,8 \times 10^{-16} \text{ M}$, então:

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = (55.5 \text{ M})(1.8 \times 10^{-16} \text{ M}) \\ = 1.0 \times 10^{-14} \text{ M}^2$$

- Assim, o produto iônico da água K_w ($[\text{H}^+][\text{OH}^-]$) será sempre igual a 10^{-14} M^2 .

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = [\text{H}^+]^2$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_w} = \sqrt{1 \times 10^{-14} \text{ M}^2}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ M}$$

A escala de pH e as concentrações de H⁺ e OH⁻

- O produto iônico da água (K_w) é a base para a escala de pH, que é uma forma conveniente de expressar a concentração de H⁺ (e portanto, de OH⁻) em qualquer solução, na faixa de 1M de H⁺ e 1M de OH⁻.
- O símbolo "p" representa o 'logaritmo negativo de'. Para uma concentração de 1×10^{-7} M de H⁺, teremos:

$$\begin{aligned} \text{pH} &= \log \frac{1}{1.0 \times 10^{-7}} = \log (1.0 \times 10^7) \\ &= \log 1.0 + \log 10^7 = 0 + 7 = 7 \end{aligned}$$

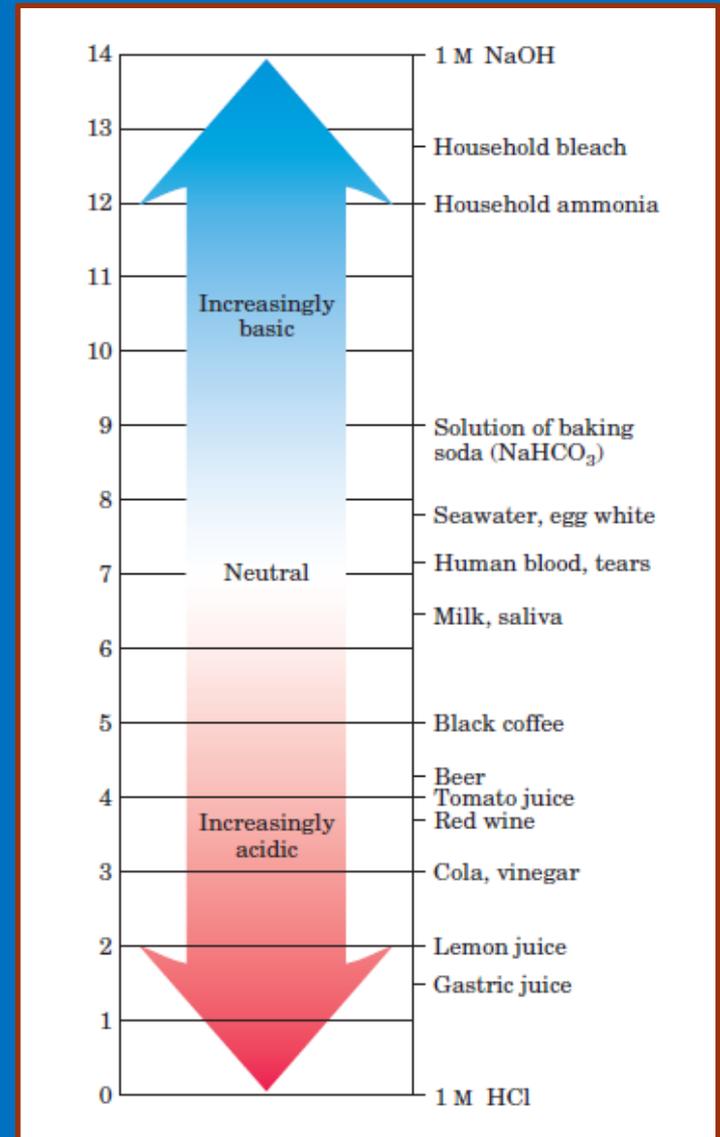
$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} = -\log [\text{H}^+]$$

TABLE 2-6 The pH Scale

$[\text{H}^+] \text{ (M)}$	pH	$[\text{OH}^-] \text{ (M)}$	pOH*
10^0 (1)	0	10^{-14}	14
10^{-1}	1	10^{-13}	13
10^{-2}	2	10^{-12}	12
10^{-3}	3	10^{-11}	11
10^{-4}	4	10^{-10}	10
10^{-5}	5	10^{-9}	9
10^{-6}	6	10^{-8}	8
10^{-7}	7	10^{-7}	7
10^{-8}	8	10^{-6}	6
10^{-9}	9	10^{-5}	5
10^{-10}	10	10^{-4}	4
10^{-11}	11	10^{-3}	3
10^{-12}	12	10^{-2}	2
10^{-13}	13	10^{-1}	1
10^{-14}	14	10^0 (1)	0

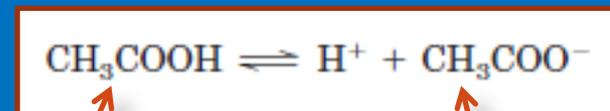
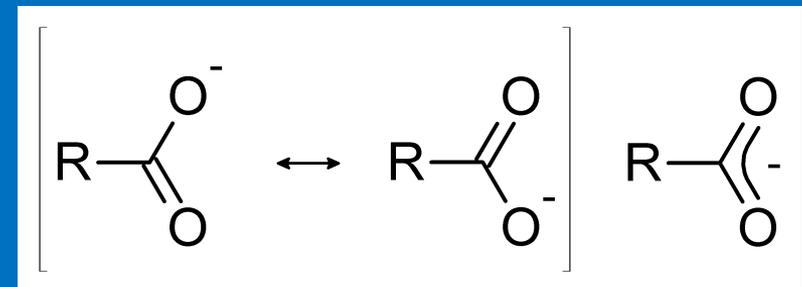
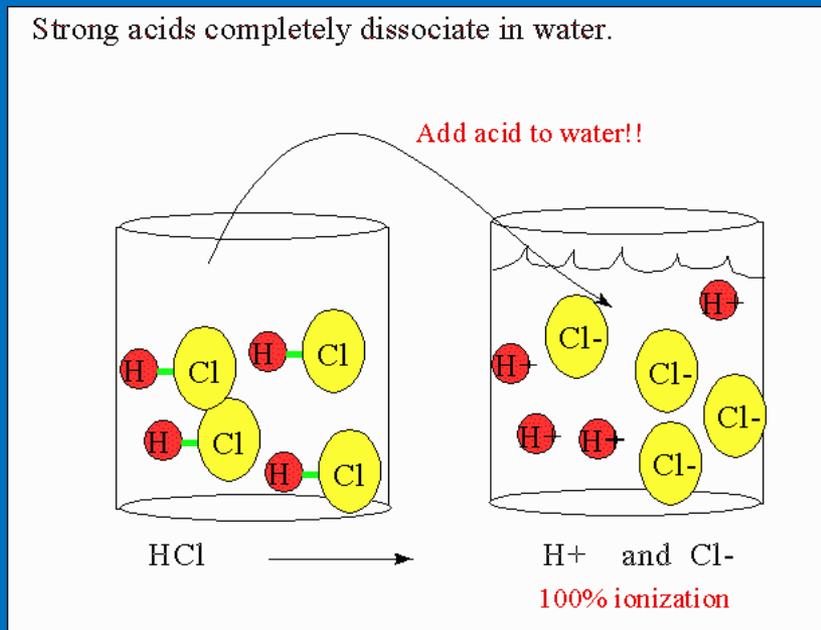
A escala de pH

- Portanto, o valor de 7 para pH neutro não é um valor arbitrário, mas sim um valor absoluto derivado do produto de ionização da água.
- Por coincidência e conveniência, é um valor inteiro.
- É importante notar ainda que é um escala logarítmica e não aritmética.
- Ou seja, coca-cola (pH 3) e vinho tinto (pH 3,7) têm aproximadamente 10.000 vezes mais H^+ do que o sangue (pH 7,4).



Ácidos e bases, fortes e fracas

- Ácidos são definidos com doadores de prótons, e as bases deceptoras de prótons.
- HCl, H₂SO₄, HNO₃, NaOH, KOH, são ácidos ou bases fortes, e se ionizam completamente em água.
- Porém, os ácidos e bases fracas (aquelas que não se ionizam por completo em água) são de maior interesse para a bioquímica.

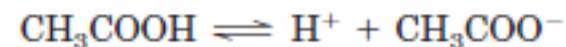


ácido

base conjugada

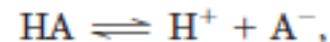
Ácidos e bases, fortes e fracas: pKa

- Portanto, pela definição de Brønsted-Lowry, ácidos são definidos com doadores de prótons, e as bases de acceptoras de prótons.
- O conjunto do doador e do acceptor de prótons é conhecido como ácido-base conjugada.
- O pKa de um ácido fraco é análogo ao pH e é definido como:



ácido

base conjugada

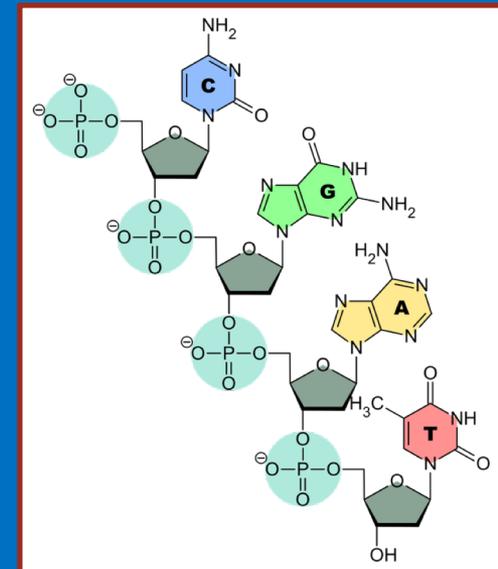
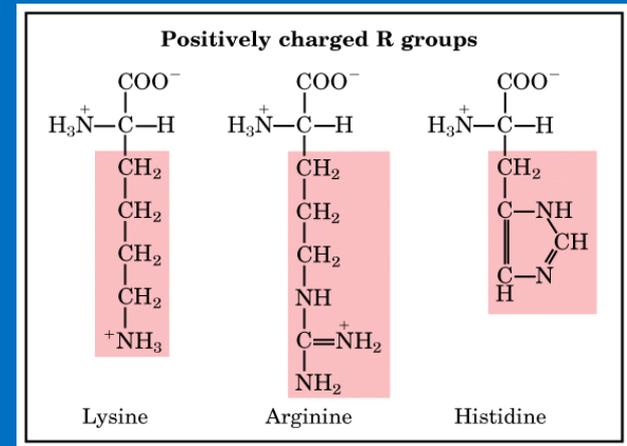
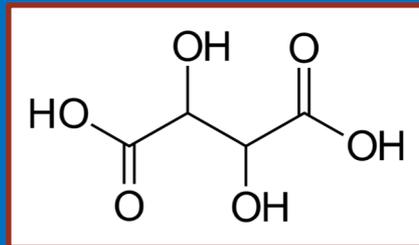


$$K_{\text{eq}} = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = K_{\text{a}}$$

$$\text{p}K_{\text{a}} = \log \frac{1}{K_{\text{a}}} = -\log K_{\text{a}}$$

Moléculas orgânicas são comumente ácidos ou bases

- Amino ácidos (constituintes das proteínas), bases do DNA (material genético)
- Pequenas moléculas orgânicas, como ácido acético, propiônico, tartárico, etc
- Estes compostos são produtos do metabolismo animal e vegetal
- Estes compostos podem alterar o pH de sistemas biológicos



A importância do pH nos sistemas biológicos

- Os sistemas biológicos mantêm o pH do meio (intracelular e de fluídos biológicos, por exemplo) muito bem controlado
- Um exemplo do que acontece quando há uma mudança de pH no leite
- A coalhada e os queijos são produtos da precipitação das proteínas do leite por causa da mudança do pH
- Isto desestabiliza as macromoléculas, fazendo com que elas precipitam no meio



A importância do pH nos sistemas biológicos

- Outro exemplo, é a acidificação dos oceanos que contribui para o branqueamento dos recifes de corais

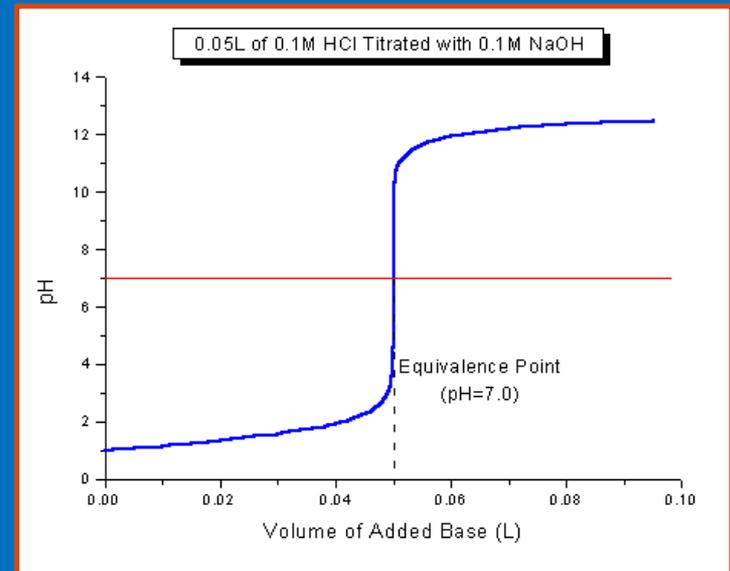


Curva de titulação: ácidos e bases fortes

- A curva de titulação de um ácido forte com uma base forte está mostrada abaixo.

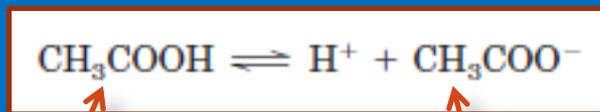


- Note a variação brusca de pH no meio da curva.
- $\text{HCl} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
- Isto ocorre porque assim que o ácido é neutralizado, o OH da base é liberado e aumenta o pH do meio rapidamente.



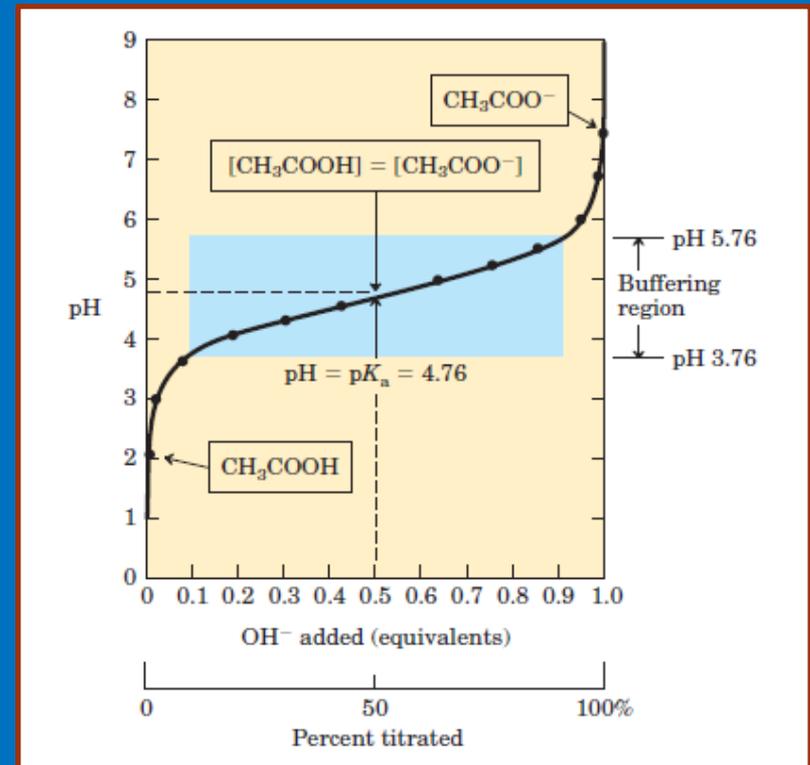
Curva de titulação de um ácido fraco

- No caso de ácidos fracos, nem todo o H^+ é liberado
- Por isso, o pH do meio se altera mais lentamente



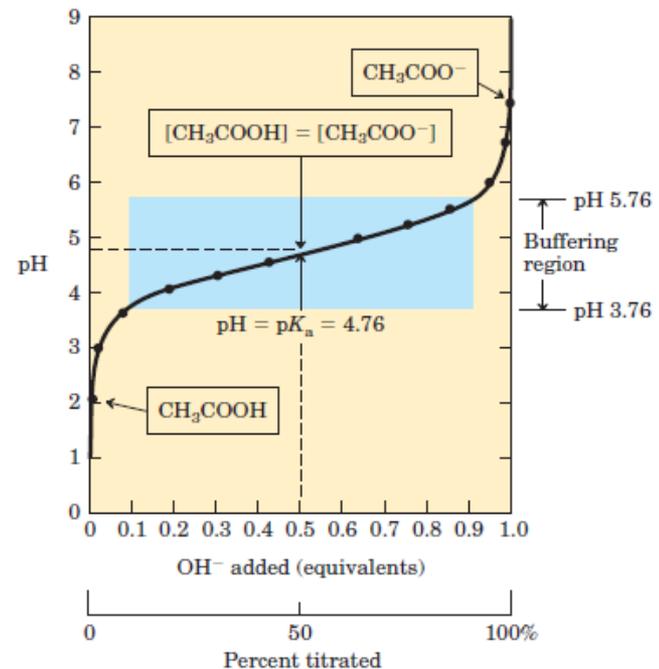
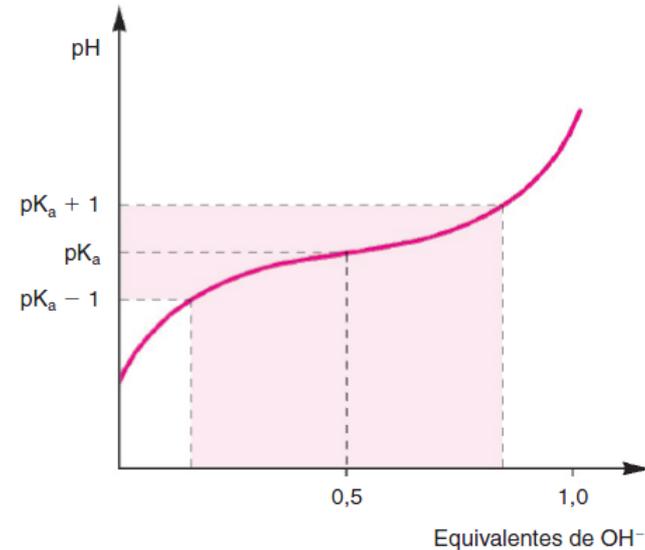
ácido

base conjugada

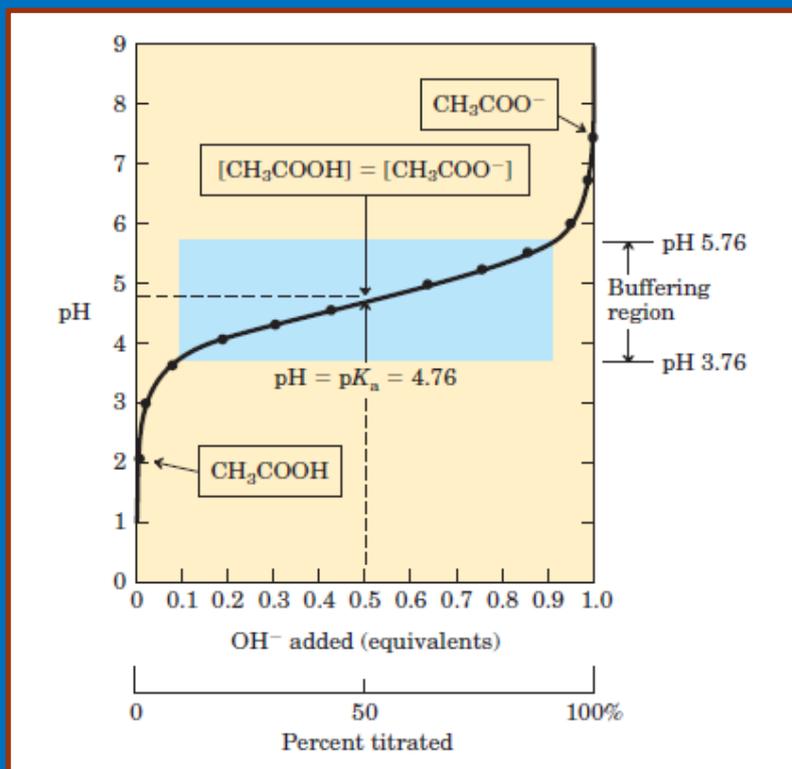


Tampões

- Tampões são soluções aquosas que resistem a alterações de pH quando pequenas quantidades de ácidos (H^+) ou bases (OH^-) são adicionados ao sistema.
- A faixa ótima de tamponamento é mais ou menos 1 ponto do pKa ou pKb do ácido ou base fraca



Curva de titulação e a equação de Hasselbalch



Hasselbalch equation can be derived as follows:

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

First solve for [H⁺]:

$$[H^+] = K_a \frac{[HA]}{[A^-]}$$

Then take the negative logarithm of both sides:

$$-\log [H^+] = -\log K_a - \log \frac{[HA]}{[A^-]}$$

Substitute pH for $-\log [H^+]$ and pK_a for $-\log K_a$:

$$pH = pK_a - \log \frac{[HA]}{[A^-]}$$

Now invert $-\log [HA]/[A^-]$, which involves changing its sign, to obtain the Henderson-Hasselbalch equation:

$$pH = pK_a + \log \frac{[A^-]}{[HA]} \quad (2-9)$$

Stated more generally,

$$pH = pK_a + \log \frac{[\text{proton acceptor}]}{[\text{proton donor}]}$$

This equation fits the titration curve of all weak acids and enables us to deduce a number of important quantitative relationships. For example, it shows why the pK_a of a weak acid is equal to the pH of the solution at the midpoint of its titration. At that point, [HA] equals [A⁻], and

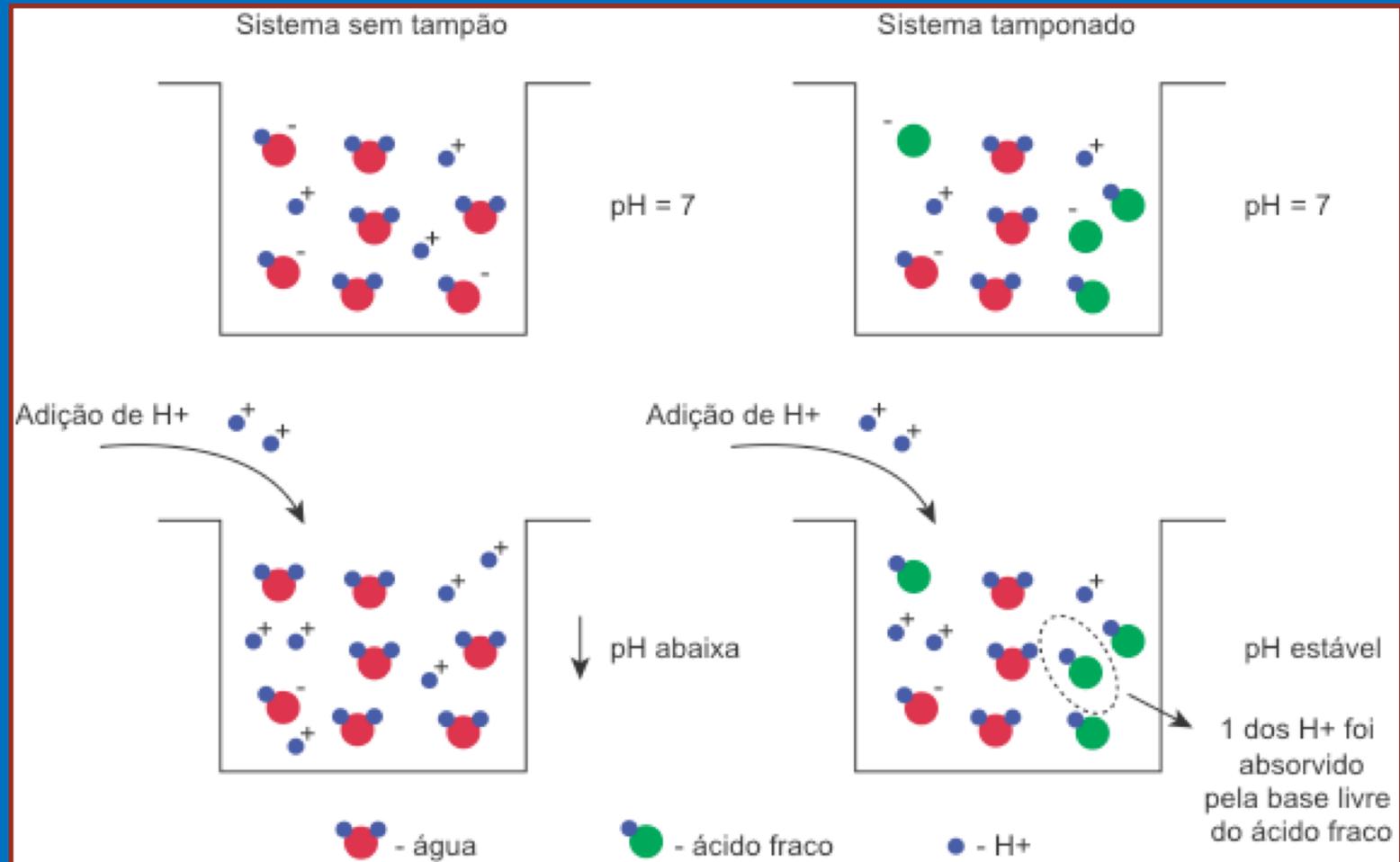
$$pH = pK_a + \log 1 = pK_a + 0 = pK_a$$

Como manter o pH constante num sistema biológico?



Com funciona um tampão?

- Ácidos e bases fracas competem pelo H^+ livre em solução, sequestrando o próton e estabilizando o pH.

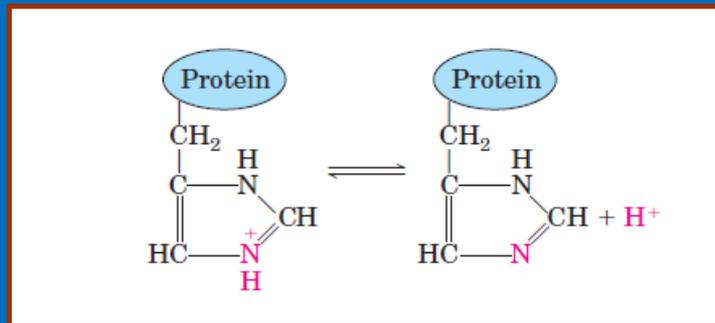


Tampões em sistemas biológicos

- Os seres vivos mantêm constantes o seu pH interno.
- Dois sistemas de tampões são particularmente importantes: o tampão fosfato e o tampão bicarbonato.
- O ácido fosfórico têm 3 prótons ionizáveis:

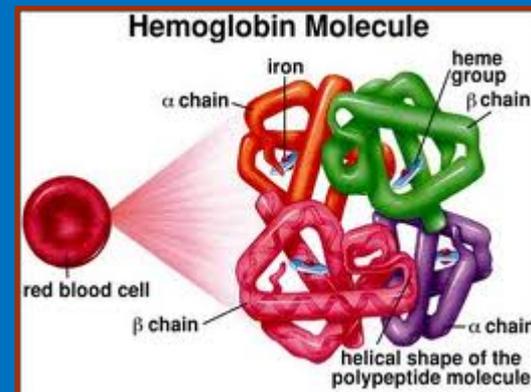
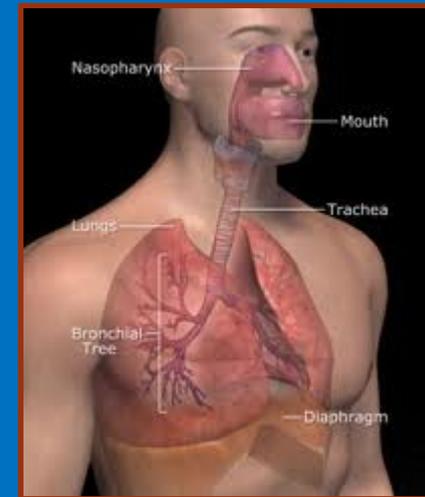


- $\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$, que apresenta $\text{pK}_a = 6,9$ é o principal sistema tampão dentro das células (citoplasma) e no meio extracelular, onde o pH é mantido entre 6,9 e 7,4.
- Alguns aminoácidos (unidades componentes de proteínas) são ácidos ou bases fracas, e também participam do controle de pH da célula e meio extracelular. Por exemplo, histidinas nas moléculas de hemoglobina são importantes para manter o pH das hemácias e do sangue.



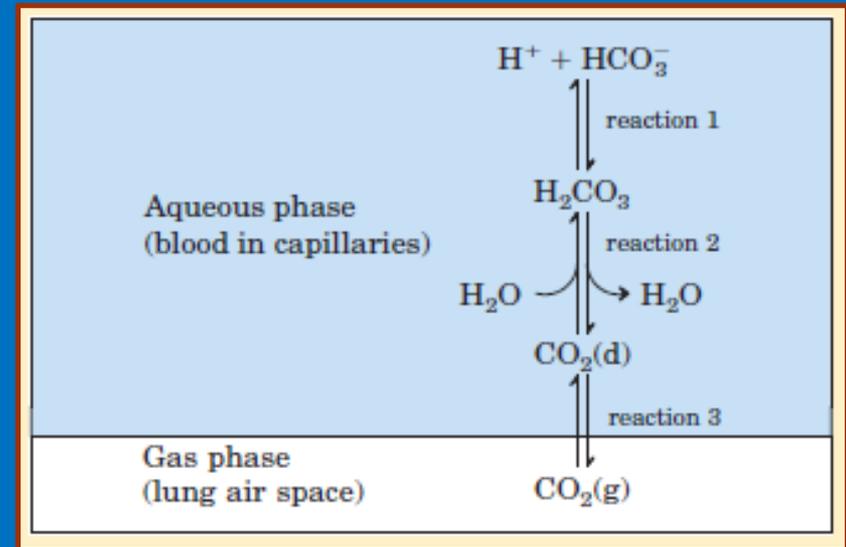
Tampões em sistemas biológicos

- O oxigênio é essencial para a vida.
- Oxigênio e outros gases de importância biológica são pouco solúveis em água e precisam ser transportados.
- Os seres vivos superiores desenvolveram sistemas para lidar com esses desafios.
- Em humanos e outros organismos vertebrados, os gases são absorvidos nos pulmões e distribuídos pelo organismo por uma sofisticada rede vascular.
- Células e moléculas especializadas para tal foram selecionadas ao longo da evolução.
- Para que funcione, é imprescindível o controle de pH em todas as etapas do sistema.



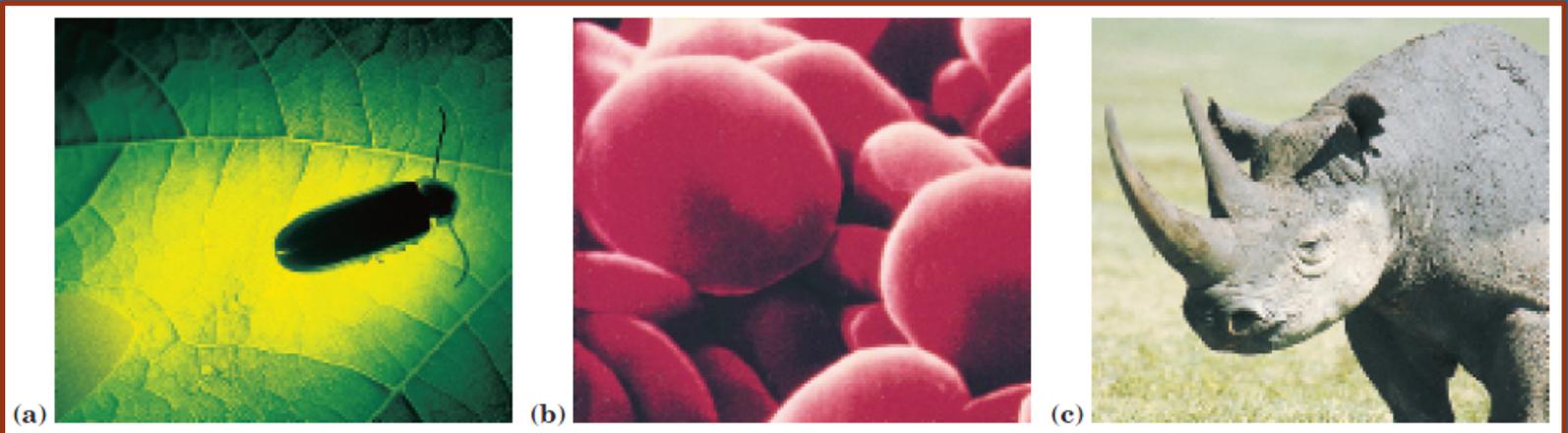
O tampão bicarbonato e a respiração

- O pH do sangue é mantido cuidadosamente em 7,4 e variações (mesmo pequenas) podem ter consequências metabólicas importantes.
- O íon bicarbonato é um dos principais tampões no plasma e derivado do ácido carbônico, formado pela reação do CO₂ com a H₂O.
- O íon bicarbonato resultante permite a transferência do CO₂ (insolúvel) formado nos tecidos para os pulmões, onde é liberado e excretado.
- A concentração de bicarbonato é dependente da concentração de ácido carbônico, que por sua vez, é dependente da concentração de CO₂.
- Assim, quando [CO₂] está elevado, a reação se desloca para a formação de bicarbonato (solúvel). Quando a pressão parcial de CO₂ é baixa, a [HCO₃⁻] diminui, formando CO₂ que pode ser liberado (pulmões).



Aminoácidos, peptídios e proteínas

- Os aminoácidos são os constituintes das 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.

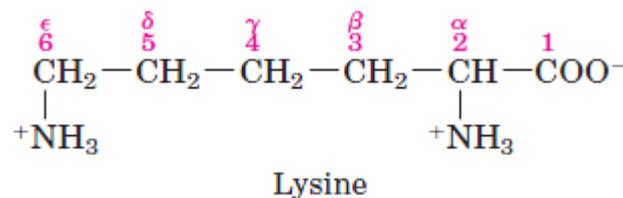
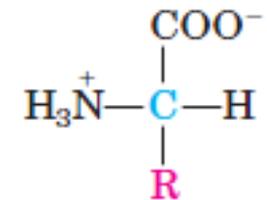


Aminoácidos

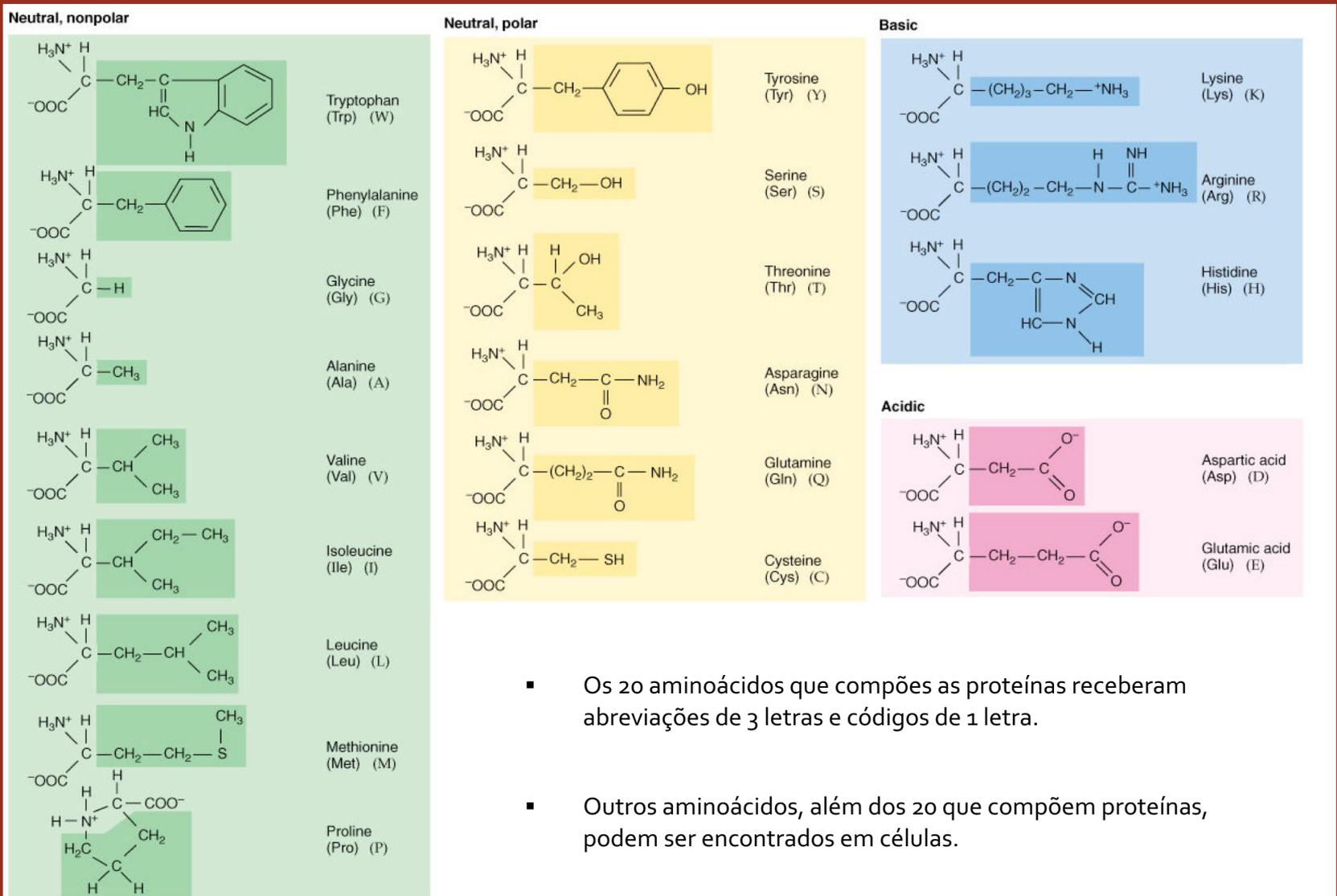
- As proteínas são compostas de aminoácidos ligados através de ligações covalentes específicas.
- Os primeiros estudos sobre proteínas foram centrados nos aminoácidos livres liberados pela hidrólise das proteínas.
- O primeiro aminoácido identificado foi a asparagina, isolada de suco de aspargo em 1806.
- O nome dos aminoácidos é, muitas vezes, derivado da fonte de onde foi isolado:
 - Glutamina = gérmen de trigo (glúten)
 - Tirosina = do grego, tyros (queijo)

Aminoácidos

- Todos os 20 aminoácidos são α -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 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 por um código 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

Bibliografia

- Capítulo 1 (Sistema tampão) do livro Bioquímica Básica (Marzzoco e Torres)

OU

- Leiam o capítulo 1 (Cellular foundations) e 2 (Water) do Lehninger – Princípios de Bioquímica