

QBQ1151 – Exercícios para Estudo

Exercícios baseados e/ou extraídos de Lehninger Principles of Biochemistry (Nelson & Cox), Biochemistry (Voet & Voet)

1. Especula-se que em outros planetas a amônia líquida (NH_3) ou o metano líquido (CH_4) poderiam ser opções para substituir a água como solvente em sistemas biológicos. Qual deles seria um solvente com propriedades mais próximas àquelas da água (H_2O) líquida? Justifique sua resposta.

Metano não forma ligações de hidrogênio, pois é apolar. Não há pontos de carga residual (positiva ou negativa) em sua estrutura. Por outro lado, a amônia tem um par de elétrons isolados no nitrogênio e a diferença de eletronegatividade entre N e H, características que garantem polaridade e cargas residuais. Por características a amônia forma ligações de hidrogênio. Deste modo, amônia, estaria mais próxima da água do que o metano. Deve ser notado, contudo, que há diferenças entre a água e a amônia. NH_3 é doadora em apenas uma ligação de hidrogênio. N é menos eletronegativo que O, assim as ligações de hidrogênio envolvendo NH_3 tendem a ser mais fracas.

2 Considerando que moléculas de água contêm dois átomos de hidrogênio ligados covalentemente a um átomo de oxigênio, explique como estas moléculas podem participar em até 4 ligações de hidrogênio simultâneas.

Uma molécula de água pode atuar como aceptora e doadora de ligações de hidrogênio. O oxigênio pode ser o acceptor em duas destas ligações através de seus dois pares de elétrons isolados. Os dois hidrogênios formam outras duas ligações com outras moléculas de água.

3- Levando em consideração o modelo chamado de “mosaico fluido” para membranas celulares (bicamadas lipídicas), é sabido que a presença de insaturações em configuração *cis* nos ácidos graxos dos fosfolípidos altera a fluidez destas estruturas.

a) O aumento na quantidade de ácidos graxos insaturados em configuração *cis* em uma bicamada lipídica aumenta ou diminui a sua fluidez?

b) Explique esta propriedade.

Aumenta a fluidez, pois as ligações duplas em *cis* introduzem uma “dobra” na cadeia carbônica. Por conta deste formato, os fosfolípidos não ficam tão próximos e ordenados, interagindo mais fracamente. Isso proporciona maior fluidez para a bicamada.

4 -A temperatura de transição de fase gel/líquido cristal (T_m) das bicamadas de lipossomas preparados com dihexadecilfosfatidicolina (DPPC) (contém duas cadeias de ácido palmítico 16:0) é cerca de 41 °C.

Espera-se que a T_m aumente ou diminua se, ao invés de DPPC, os lipossomos forem preparados com ditetradecilfosfatidilcolina (DMPC) (contém duas cadeias de ácido mirístico 14:0)? Justifique sua resposta.

A redução no número de carbonos na cadeia do ácido graxo levará teoricamente a um enfraquecimento nas interações entre os fosfolípidos. Logo, a T_m se reduzirá.

5—Observe as estruturas abaixo e responda as questões a seguir:



a) O fosfolípido mostrado na figura 2 forma bicamadas lipídicas em água. Cite duas características destas bicamadas que são observadas nas membranas plasmáticas celulares.

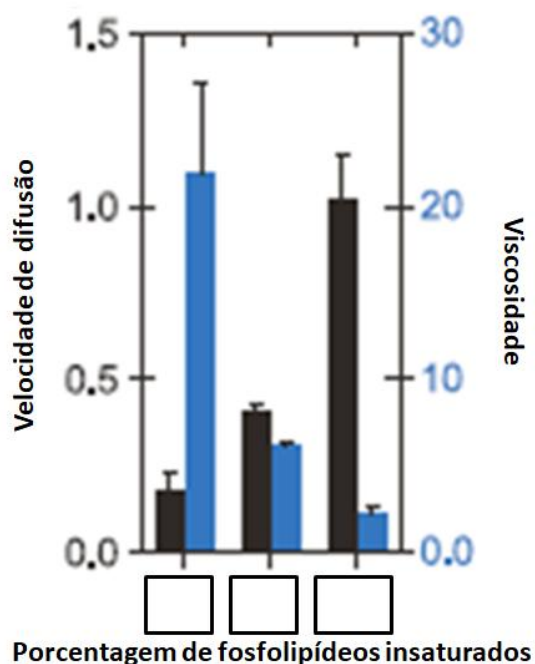
Contém dois folhetos formados pelos fosfolípideos orientados lado a lado com as cabeças polares voltadas para o solvente aquoso e a cauda hidrofóbica para o interior da bicamada. Estas bicamadas são fluidas, ou seja, os fosfolípideos se difundem lateralmente por elas.

b) A adição do fosfolípido mostrado na figura 1 causaria que efeito nas propriedades físico-químicas de bicamadas formadas pelo fosfolípido 2? Justifique sua resposta.

Tratando-se de um fosfolípido contendo um ácido graxo insaturado, a presença deste lipídeo aumentaria a fluidez da bicamada. Isto ocorre, pois devido ao formato do ácido graxo insaturado, uma cadeia com uma dobra, aumenta a distância entre os fosfolípideos e diminui a interação não-covalente entre suas caudas hidrofóbicas, facilitando sua separação e movimentação.

6 - O gráfico abaixo (extraído de Science 362, 1186 – 1189; 2018) correlaciona a porcentagem de fosfolípideos contendo ácidos graxos insaturados com as mudanças na viscosidade de uma membrana plasmática (barras à direita, azul) e também com a velocidade de difusão de um fosfolípideo por uma das camadas desta membrana (barras à esquerda, cinza escuro). Repetindo: note que para cada porcentagem (eixo x) há duas barras: aquela da direita corresponde ao dado de viscosidade (azul); aquela da esquerda corresponde à velocidade de difusão (cinza escuro).

As porcentagens de fosfolípideos insaturados estudadas neste experimento foram 60, 35 e 20%. Preencha os retângulos junto ao “eixo x” na base do gráfico com as porcentagens esperadas de acordo com os dados observados de velocidade de difusão e viscosidade. Explique suas escolhas.



Orientando-se da esquerda para direita os valores seriam 20, 35 e 60%.

Esta escolha se justifica pelo fato que conforme aumenta o percentual de fosfolípido insaturado em uma bicamada sua viscosidade diminui. Nota-se que da esquerda para direita as barras azuis (viscosidade) diminuem. Coerentemente, conforme cai a viscosidade, a difusão pela bicamada é facilitada e assim a velocidade de difusão dos fosfolípidos aumenta. De fato, nota-se que da esquerda para direita o aumento da porcentagem de fosfolípidos insaturados concorda com um aumento na velocidade de difusão (barras cinza escuro).

7 -- Quando pequena quantidade do detergente dodecil sulfato de sódio (SDS, $\text{Na}^+\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{OSO}_3^-$; 282 g/mol) é colocada em solução, os íons do detergente se encontram na forma monomérica. À medida que mais detergente é adicionado, uma concentração crítica (concentração micelar crítica; CMC) é atingida e os monômeros se associam formando micelas. A CMC para SDS é 8,2 mM. As micelas de SDS têm um peso médio de 18.000 g/mol. Calcule o número médio de moléculas de SDS em cada micela.

Há várias formas de resolver o problema. Em uma delas podemos calcular a massa de uma molécula de SDS e de uma micela

$$282 \text{ g/mol} / 6 \cdot 10^{23} = 4,7 \cdot 10^{-22} \text{ g}$$

$$18.000 \text{ g/mol} / 6 \cdot 10^{23} = 3 \cdot 10^{-20} \text{ g}$$

Considerando que uma micela é formada por n moléculas de SDS, temos que

$$3 \cdot 10^{-20} \text{ g} = 4,7 \cdot 10^{-22} \text{ g} \cdot n$$

$$n = 64$$

8 - A figura abaixo representa um soluto apolar (em cinza) dissolvido em água (representada no modelo de bastões e esferas, sendo que as maiores correspondem ao oxigênio e as menores ao hidrogênio). Com base neste esquema, explique objetivamente o chamado “efeito hidrofóbico”.

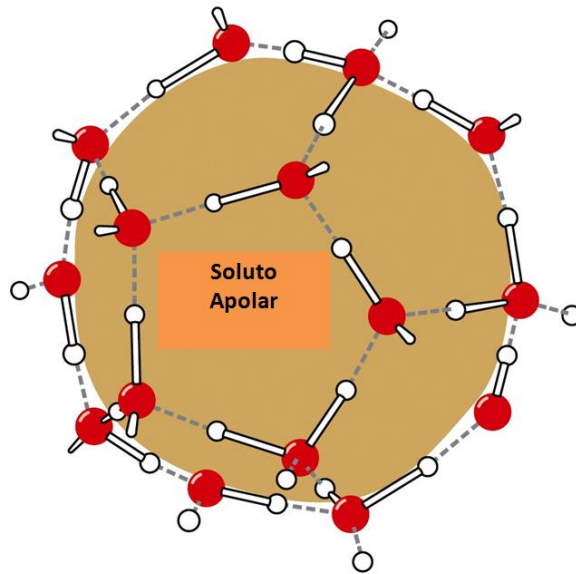


Figure 2-8 Fundamentals of Biochemistry, 2/e
© 2006 John Wiley & Sons

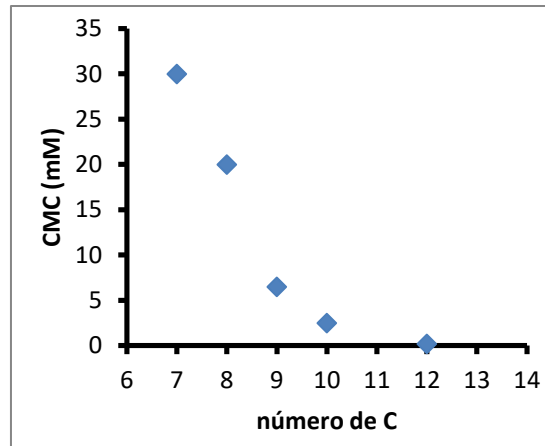
O esquema mostra as moléculas de água organizadas formando uma “camada” em torno do soluto apolar. Esta organização das moléculas de água reduz sua entropia, pois deixam de ocupar uma grande gama de outras orientações e posições na solução. Esta redução de entropia torna desfavorável a solubilização do soluto apolar em água. Quanto maior for a superfície do soluto apolar, maior será esta organização, maior a redução da entropia e portanto mais desfavorável a solubilização. Deste modo, a aproximação entre moléculas de soluto apolar diminui sua área total em contato com a água. Nesta condição, a redução de entropia é menor. Logo, a aproximação e agregação dos solutos apolares em água é um processo mais favorável do que a manutenção destes solutos isolados. Deste modo, a agregação dos solutos apolares guiada pelo processo descrito acima é chamada de efeito hidrofóbico.

9 -Fosfolípidos em fase aquosa formam espontaneamente bicamadas lipídicas Discuta:

- a) Qual propriedade dos fosfolípidos é responsável por esse fenômeno?
- b) Quais as consequências dessa propriedade para a estrutura das membranas biológicas?
 - a) Anfipaticidade. Os fosfolípidos possuem porções polares e apolares.
 - b) As membranas biológicas formam-se espontaneamente em solução aquosa. Possuem interior apolar e faces externas polares. Os fosfolípidos podem se movimentar pelas duas dimensões de cada face da membrana. A passagem entre faces é muito lenta e improvável.

10 Alquil β -glucosídeos são usados para solubilização de proteínas integrais de membranas celulares. A CMC destes detergentes varia de acordo com o número de carbonos do grupo alquila. Construa um gráfico que represente este comportamento e explique-o.

| Alquil β -glucosídeo | mero de carbonos no grupo al | CMC (mM) |
|-----------------------------|------------------------------|----------|
| Dodecil β -glucosídeo | 12 | 0,2 |
| Decil β -glucosídeo | 10 | 2,5 |
| Nonil β -glucosídeo | 9 | 6,5 |
| Octil β -glucosídeo | 8 | 20 |
| Heptil β -glucosídeo | 7 | 30 |



O aumento no número de carbonos da porção apolar destes alquil β -glucosídeos torna sua dissolução em água cada vez mais desfavorável devido ao “efeito de organização da água” na interface de contato entre os grupos alquil e este solvente (perda de entropia). Por outro lado, este efeito torna mais provável sua associação em micelas, onde as porções polares interagem entre si e são retiradas do solvente aquoso.

11 As moléculas de lipídeos não estão estáticas nas membranas biológicas e podem sofrer difusão lateral (se mantendo no mesmo plano da camada) ou transversal (mudando de plano e de camada). Desconsiderando processos catalisados, qual dos dois casos deve ocorrer mais facilmente e, conseqüentemente, com maior frequência? Explique sua resposta.

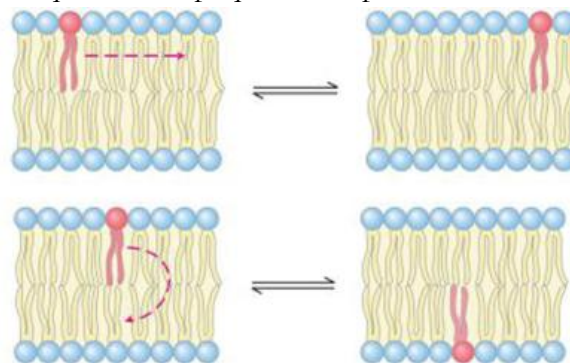
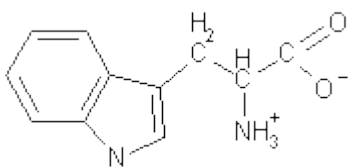


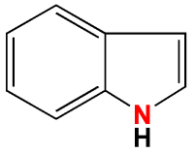
Figura extraída de *Lehninger Principles of Biochemistry (Nelson & Cox)*

A movimentação dentro de um mesmo folheto (topo) é mais rápida e provável do que a passagem de um folheto para outro. Esta segunda movimentação depende da passagem da porção polar do fosfolípido pelo interior apolar da bicamada, um processo desfavorável e improvável.

12 Em pH 7,0 o aminoácido triptofano, que exibe pK_a 3 e 9 para os grupos α -carboxila e α -amino respectivamente, cruza membranas biológicas a uma frequência cerca de 1.000 menor do que o composto correlato indol. Analisando as estruturas abaixo, explique essa observação.



triptofano (em pH 7,0)



indol

O interior das membranas biológicas é apolar. Assim, moléculas eletricamente carregadas, como no caso do triptofano em pH 7, não dissolvem-se favoravelmente neste meio e sua passagem é muito lenta.

13 – Represente a forma linear e a cíclica de glicose. Numere os carbonos em ambas

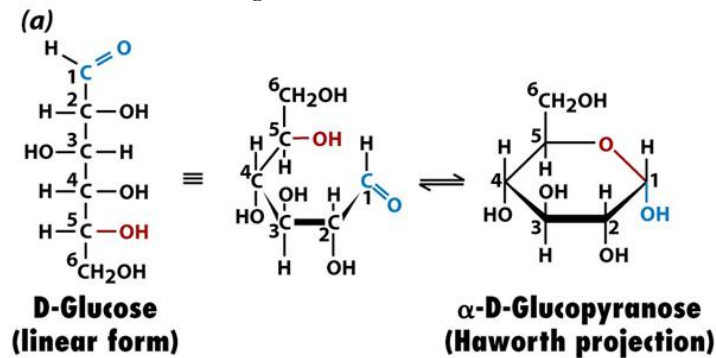


Figura extraída de *Fundamentals of Biochemistry (Voet & Voet)*

14 – Em solução aquosa em temperatura ambiente:
 α -glicose e β -glicose podem se interconverter? Explique
 Glicose e galactose podem se interconverter? Explique

O termo interconverter remete à existência de um equilíbrio químico entre as duas moléculas. Deste modo, α -glicose e β -glicose são isômeros da forma cíclica de glicose que diferem quanto à orientação da hidroxila 1. As formas linear e cíclica de glicose estão em equilíbrio em solução e embora a forma cíclica seja muito mais abundante, ainda assim há forma linear em solução. A forma linear pode originar o isômero a e b, conforme o esquema abaixo, os quais então se interconvertem através da sua forma linear.

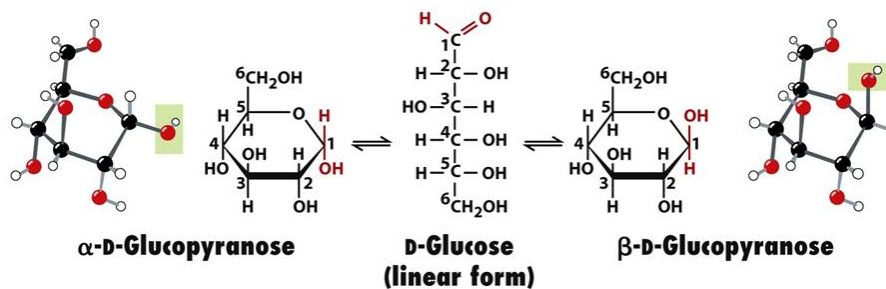


Figure 8-4 *Fundamentals of Biochemistry, 2/e*
 © 2006 John Wiley & Sons

Já glicose e galactose são isômeros que diferem quanto à orientação da hidroxila 4 em torno de um carbono quiral. Considerando este tipo de isomeria, estes monossacarídeos não são passíveis de interconversão sem que haja quebra de ligações covalentes, o que não ocorre em solução aquosa em temperatura ambiente.

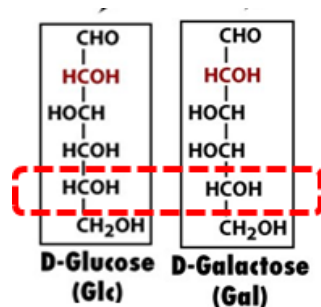
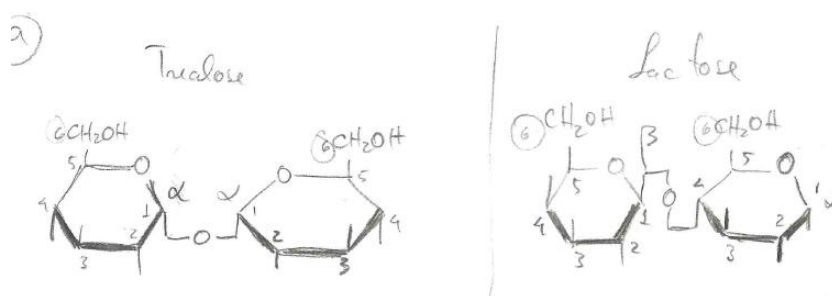


Figura extraída de *Fundamentals of Biochemistry (Voet & Voet)*

15 - A trealose e a lactose são dissacarídeos cujos nomes químicos são respectivamente: α -D-glicopiranosil-(1 \rightarrow 1)- α -D-glicopiranosose e β -D-galactopiranosil-(1 \rightarrow 4)-D-glicopiranosose. i) Esquematize a estrutura espacial (projeções de Howarth) destes dissacarídeos.



16 - Estime as reatividades relativas da **sacarose** (α -D-glicopiranosil-(1 \rightarrow 2)- β -D-fructofuranose), **maltose** (α -D-glicopiranosil-(1 \rightarrow 4)-D-glicopiranosose), **lactose**, **trealose**, e **galactose** perante o reagente de Tollens (Ag^+ em solução de amônio). Informação útil: A reação de óxido-redução entre carboidratos redutores e Ag^+ pode gerar Ag^0 , que se precipita, enquanto que o grupo aldeído do carboidrato é oxidado à uma carboxila.

Sacarose e Trealose não são reativas, pois não possuem “carbono redutor” livre. Maltose, lactose e galactose são reativas, pois possuem “carbono redutor” (C1) livre. Este pode originar o grupo aldeído que é oxidado na presença de Ag^+ .

17 – Ao planejar um tratamento de uma amostra de glicogênio por oxidação com o reagente de Tollens (Ag^+ em solução de amônio), seguida de metilação e hidrólise ácida exaustiva foi proposto que a distribuição dos produtos deste tratamento seria: 90% de 2,3,6 Tri-O-metilglicose; 9% de 2,3-Di-O-metilglicose e 1% de ácido 2,3,6-Tri-O-metilglicônico.

Informações úteis: o produto da oxidação de glicose é ácido glicônico. Tratamento ácido de poli e oligossacarídeos favorece a hidrólise das ligações glicosídicas, deixando intactas as demais ligações da estrutura dos monossacarídeos. Em uma reação de metilação, grupos $-\text{CH}_3$ são ligados covalentemente em hidroxilas livres de monossacarídeos. Caso poli e oligossacarídeos sejam metilados e em seguida submetidos à hidrólise ácida, os grupos metil não são removidos.

- Explique porque foi proposta a formação destes três tipos de produtos e sua proporção com base na estrutura do glicogênio.
- Estime qual seria o padrão de distribuição dos produtos se a amilopectina fosse submetida a mesma reação descrita para o glicogênio.

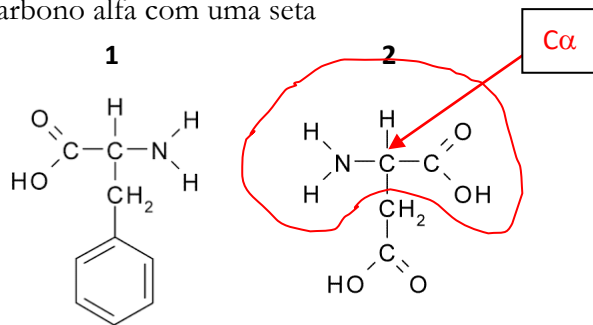
a) O produto 2,3,6-tri-O-metilglicônico corresponde à extremidade da cadeia do polissacarídeo, onde apenas o C4 está envolvido na ligação glicosídica, assim não acessível à metilação, e o C1 pode ser oxidado. O

produto 2,3-Di-O-metilglicose corresponde a pontos de ramificação no interior da cadeia do polissacarídeo, onde os carbonos 1, 4 e 6 estão envolvidos em ligações glicosídicas e não acessíveis à metilação. Finalmente o produto 2,3,6 Tri-O-metilglicose corresponde às unidades do interior da cadeia do polissacarídeo onde não há ramificação. Nestes casos o C6 também pode ser metilado. Deste modo, o produto 2,3,6-tri-O-metilglicônico seria o menos abundante, pois há somente uma extremidade redutora por polissacarídeo. O produto 2,3,6 Tri-O-metilglicose seria o mais abundante, pois corresponde aos trechos do polissacarídeo onde não há ramificação. Finalmente, o produto 2,3-Di-O-metilglicose teria abundância intermediária, pois há pontos de ramificação na cadeia do polissacarídeo.

b) Considerando que a amilopectina tem cerca de metade do grau de ramificação do glicogênio, o produto 2,3-Di-O-metilglicose gerado a partir das ramificações seria reduzido aproximadamente à metade, 4,5%. Já o produto referente aos trechos não ramificados, 2,3,6 Tri-O-metilglicose, teria sua porcentagem aumentada, 94,5%. Finalmente o produto referente à extremidade da cadeia seguiria inalterado.

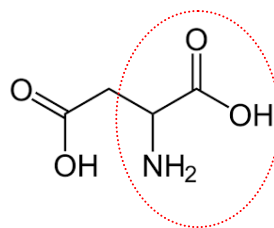
18 – Com base na estrutura dos aminoácidos abaixo

- Indique qual deles (1 ou 2) é classificado no grupo dos aminoácidos polares. Justifique sua resposta.
- Circule na estrutura 2 a porção invariável do aminoácido
- Na estrutura 2 indique o carbono alfa com uma seta



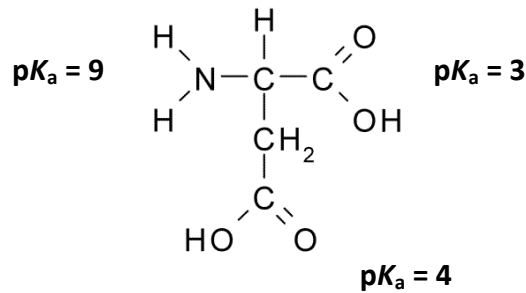
O aminoácido 2 é classificado como polar, pois sua cadeia lateral é um grupo carboxila (polar; pode ter carga elétrica negativa, inclusive).

19 - Circule a porção invariável de um aminoácido na estrutura abaixo?



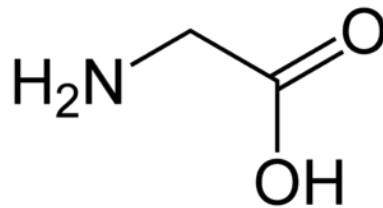
20 – Considerando o aminoácido esquematizado abaixo

- represente o estado de ionização provavelmente mais abundante no pH 1, no pH 7 e no pH 11. Justifique sua resposta.
- Qual o ponto isoelétrico (pI) deste aminoácido? Justifique sua resposta com seus cálculos



pH 1: a forma mais abundante terá NH_3^+ , grupo carboxila $COOH$ e cadeia lateral $COOH$ (carga líquida +1)
 pH 7: a forma mais abundante terá NH_3^+ , grupo carboxila COO^- cadeia lateral COO^- (carga líquida -1)
 pH 11: a forma mais abundante terá NH_2 , grupo carboxila COO^- cadeia lateral COO^- (carga líquida -2)
 O ponto isoelétrico é determinado pelos dois grupos carboxila, sendo igual a 3,5 [$pI = (3 + 4)/2$]

21 - O aminoácido glicina, representado abaixo, exibe pK_a s = 3 e 9.



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glycine-2D-skeletal.png>

- Qual destes pK_a s corresponde ao grupo α -carboxila e ao grupo α -amino?
- Estimar a carga elétrica líquida da glicina no pH 6.

Usualmente grupos carboxila têm pK menor do que grupos amino. Deste modo, o pK_a 3 deve corresponder ao grupo α -carboxila e o pK_a 9 ao grupo α -amino.

Nota-se que 6 é justamente a média entre os dois pK_a s, ou seja, o pI deste aminoácido é 6. Logo, neste pH a carga líquida é zero. Coerentemente, note que em pH 6 está 3 unidades acima do pK_a da carboxila, a qual, então acumula-se majoritariamente (cerca de 1000 x mais) na forma desprotonada (carga negativa). Ainda o pH 6 está 3 unidades abaixo do pK_a do grupo amino, o qual acumula-se (cerca de 1000 x mais) na forma protonada (carga positiva). Deste modo, como já afirmado inicialmente, a carga líquida do aminoácido em pH 6 é nula.

22 – Usando um sistema “simplificado” de determinação de carga elétrica líquida, baseado na estimativa da abundância relativa das formas desprotonadas (B) e protonada (AH) de um ácido fraco expressa na equação $10^{(pH - pK_a)} = [B]/[AH]$, estime o ponto isoelétrico (pI) de um polipeptídeo formado por 10 lisinas, segundo esquematizado abaixo.

K-K-K-K-K-K-K-K-K-K

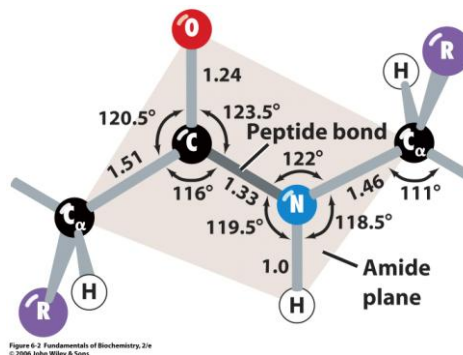
Considere que a extremidade N-terminal está à esquerda e aquele grupo amino têm $pK_a = 9$. Já a extremidade C-terminal está à direita e aquele grupo carboxila tem $pK_a = 3$. O aminoácido lisina (K) tem um grupo amino na cadeia lateral, o qual exibe $pK_a = 11$.

| pH | “carga efetiva” na COOH (C-terminal) | “carga efetiva” no grupo NH ₂ (N-terminal) | “carga efetiva” no conjunto das cadeias laterais | Carga líquida |
|----|--------------------------------------|---|--|---------------|
| 1 | - 0,01 | + 1 | +10 | ~ +11 |
| 2 | - 0,1 | + 1 | +10 | +10,9 |
| 3 | - 0,5 | + 1 | +10 | + 10,5 |
| 6 | -1 | + 1 | +10 | + 10 |
| 9 | -1 | + 0,5 | + 9,9 | + 9,4 |
| 10 | -1 | + 0,1 | + 9,0 | + 8,1 |
| 11 | -1 | + 0,01 | + 5 | + 4,01 |
| 12 | -1 | 0 | +1 | 0 |
| 13 | -1 | 0 | +0,1 | - 0,9 |

O ponto isoelétrico deve ser em pH 12. Note que neste peptídeo, que excepcionalmente se apresenta composto apenas por lisinas, a grande quantidade de cadeias laterais de alto pK_a (11) determina um ponto isoelétrico onde a regra da média entre cadeias laterais não se aplica.

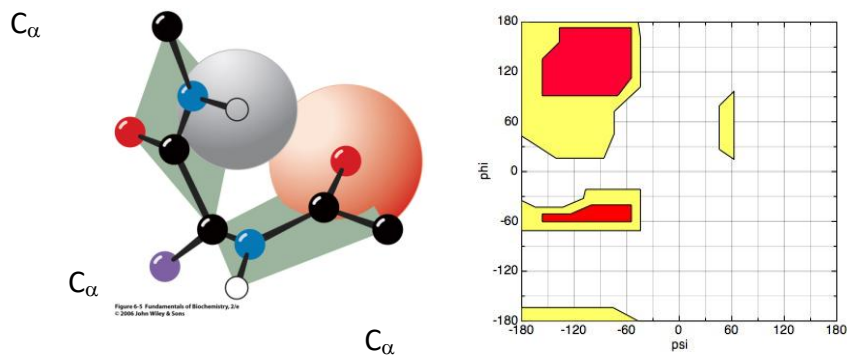
23 – Proteínas tendem a perder sua estrutura terciária quando dissolvidas em solvente apolar. Porque? Em meio aquoso, um dos principais fatores que favorecem o dobramento de proteínas é o efeito hidrofóbico. Grupos apolares tendem a se agrupar e interagir entre si sendo excluídos do solvente polar (água). Em meio apolar este efeito não ocorreria e não seria favorável ao dobramento proteico. Deste modo, a forma nativa (dobrada; com estrutura terciária) de uma proteína não é a mais estável em solvente apolar, ou seja, a proteína se desnatura.

24 – A ligação peptídica, representada abaixo, é dita plana e rígida. Explique o motivo.



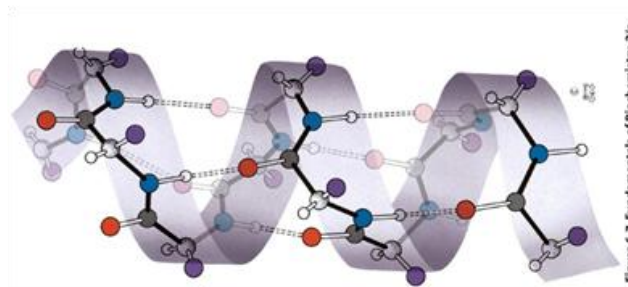
A ligação peptídica tem propriedades de ligação dupla, logo, não pode ser torcida.

25 – A estrutura abaixo representa um tripeptídeo. A combinação de ângulos de torção (phi e psi) adotada em torno do carbono alfa central está provavelmente posicionada na área colorida (vermelho e amarelo) ou branca do gráfico de Ramachandram ao lado? Justifique.



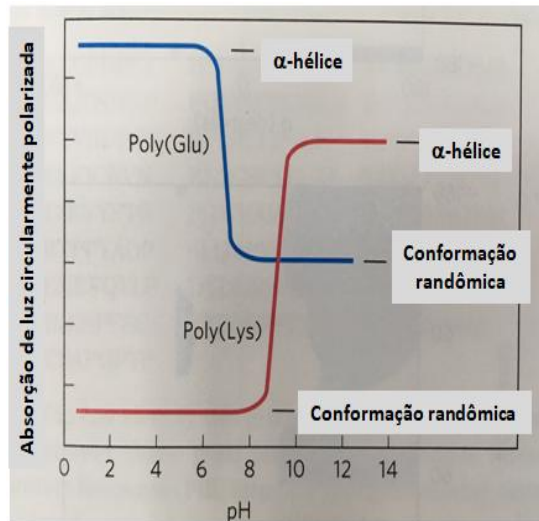
A figura (estrutura) representa um possível choque (impedimento estérico) entre o hidrogênio do grupo amina e o oxigênio do grupo carboxila. Assim esta não é uma combinação favorável (não permitida) de ângulos phi e psi em torno do C α que está no centro da estrutura. Portanto esta combinação de ângulos phi e psi deve estar na área branca do gráfico.

26 – A figura abaixo apresenta a esquematização de uma cadeia polipeptídica que adota a conformação chamada de α -hélice. Quais características visualizáveis na figura permitem afirmar que esta classificação está correta?



- aspecto helicoidal
- conformação repetitiva
- 3 a 4 aminoácidos por volta
- ligações de hidrogênio entre átomos do próprio elemento (carbonilas e grupo amina)
- carbonilas orientadas na mesma direção
- grupos amina orientadas na mesma direção
- cadeias laterais dos aminoácidos se projetam a partir da superfície do elemento (“voltadas para fora”; para o solvente)

27 – A desnaturação de α -hélices para uma conformação randômica é acompanhada por uma queda na absorção de luz circularmente polarizada. Quando esta propriedade de dois polipeptídeos (Poli-Glutamato e Poli-Lysina) é medida em função do pH, observa-se o gráfico abaixo.



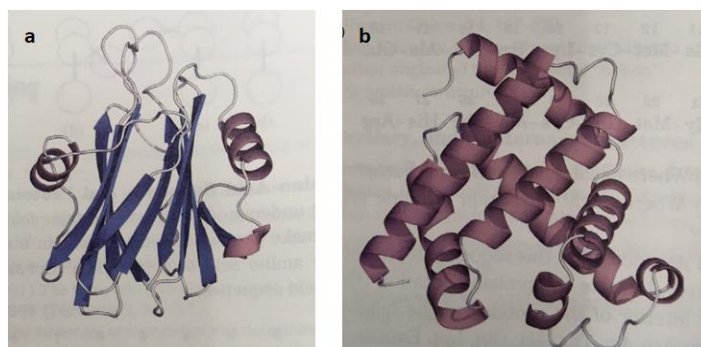
Proponha uma explicação para o efeito do pH sobre a conformação destes dois polipeptídeos.

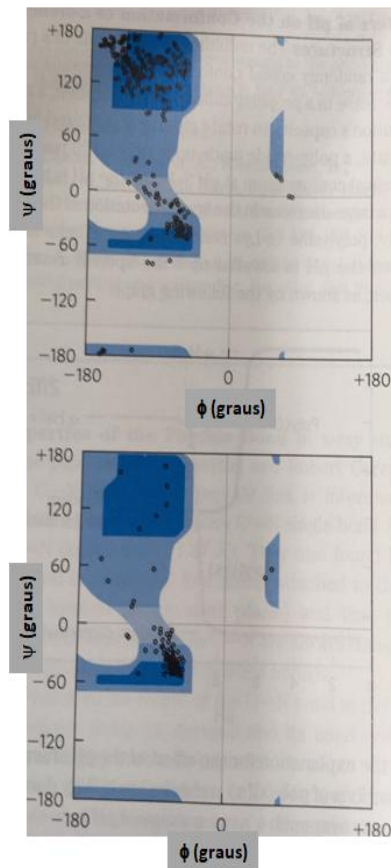
Explique porque a transição (α -hélices \rightarrow conformação randômica) ocorre em uma faixa de pH estreita.

Em uma alfa-hélice as cadeias laterais se projetam para fora e na mesma direção. No caso da polyGlu conforme aumenta o pH espera-se que as carboxilas das cadeias laterais dos ácidos glutâmicos se desprotonem e acumulem carga negativa. Possivelmente haverá repulsão eletrostática entre estas cadeias laterais negativamente carregadas, desestabilizando a hélice.

No caso da polyLys raciocínio semelhante é válido. Contudo, dada a presença de grupos amino na cadeia lateral, estes estarão carregados positivamente em baixo pH. Assim, há repulsão eletrostática, que desestabiliza a hélice, em baixo pH. Conforme o pH se eleva, estes grupos se desprotonam, ficam sem carga e assim na ausência de repulsão a hélice pode se formar.

28 – As estruturas terciárias de duas proteínas são apresentadas abaixo. Qual dos gráficos de Ramachandran a seguir corresponde a cada uma destas proteínas. Justifique.





A proteína “a” é formada basicamente por fitas beta, enquanto a proteína “b” por alfa-hélices. No plote de Ramachandran os ângulos Phi e Psi que geram a conformação em fita beta se concentram no quadrante superior esquerdo. Deste modo, o primeiro gráfico deve corresponder à proteína “a”. Já os ângulos Phi e Psi que produzem alfa-hélices ficam no quadrante inferior esquerdo, indicando que o segundo gráfico pertence à proteína “b”.

29 – Qual dos peptídeos abaixo tem maior probabilidade de assumir uma conformação de α -hélice? Justifique sua escolha.

- a) LKAENDEAARAMSEA
- b) CRAPGFPWDQPGTSN

O peptídeo “b” contém várias Prolinas (P), que exibe uma baixíssima compatibilidade com a conformação em alfa-hélices. Assim, provavelmente o peptídeo a terá maior probabilidade de ocorrer como alfa-hélice.

30 – A archea *Halobacterium halobium* produz uma proteína integral de membrana chamada bacteriorodopsina (26.000 g/mol). A estrutura terciária desta proteína é formada por sete α -hélices paralelas, que atravessam a membrana celular deste organismo. Sabendo que a espessura da membrana é 45 Å, calcule o número mínimo de resíduos de aminoácidos necessário para um segmento de α -hélice atravessar a membrana. Calcule a fração

de massa de uma bacteriorodopsina que está envolvida na formação das hélices transmembranares. Considere que em média um aminoácido corresponde a 110 g/mol.

Assumindo que cada volta de uma α -hélice corresponde a um deslocamento de 5.4 Å ao longo do seu eixo, para atravessar 45 Å serão necessárias cerca de 8,3 voltas. Já cada volta da hélice equivale a aproximadamente 3,6 aminoácidos. Deste modo, em cada hélice transmembranar haverá 30 aminoácidos. Sabendo que são 7 hélices na proteína, teremos 210 aminoácidos provavelmente presentes em alfa-hélices. Empregando a massa molar média de um aminoácido (110 g/mol) estes 210 aminoácidos equivalerão a uma massa de 23.100 g/mol. Sabendo que a bacteriorodopsina tem 26.000 g/mol, as suas sete alfa-hélices correspondem a 89% da sua massa. Enfim, quase a bacteriorodopsina é formada quase totalmente por alfa-hélices.