

Dados genéticos podem ser utilizados para estudar populações de uma espécie no ambiente natural. Por exemplo, amostras de DNA podem ser coletadas para identificar espécies, estimar tamanhos populacionais ou identificar indivíduos. Um pesquisador coletou duas amostras de fezes em uma localidade na Índia e sequenciou parte do gene *Gapdh* dos DNAs extraídos a partir delas. Como resultado, foram obtidas as sequências abaixo (apenas uma das fitas do DNA é mostrada).

Amostra 1 5' ACAGGATCCAATAACCCCGCAGGAATGGTG 3'

Amostra 2 5' ACAGGATCCAATAACCCCTCACGAATGGTG 3'

As sequências da mesma região do gene *Gapdh* nos genomas do tigre de Bengala (*Panthera tigris*) e do leopardo (*Panthera pardus*) são:

Panthera tigris 5' ACAGGATCCAATAACCCCGCAGGAATGGTG 3'

Panthera pardus 5' ACAGGATCTAACAACCCCGCAGGAATAGTA 3'

- a) De posse desses dados, responda: as amostras de fezes 1 e 2 pertencem, com maior probabilidade, a tigres de Bengala ou a leopardos? As amostras 1 e 2 pertencem ao mesmo indivíduo ou a dois indivíduos diferentes? Justifique sua resposta.
- b) Um crítico argumentou que o trabalho do pesquisador não era válido, pois as sequências do gene nuclear *Gapdh* foram obtidas a partir de amostras de fezes. Segundo o crítico, material genético nuclear de felinos só poderia ser extraído com qualidade a partir de hemácias (eritrócitos) coletadas dos animais. Quem tem razão, o pesquisador ou o crítico? Justifique.

(Fonte: J. Bhagavatula e L. Singh. *BMC Genetics*,

Londres, v. 7, p. 48, out. 2006.)

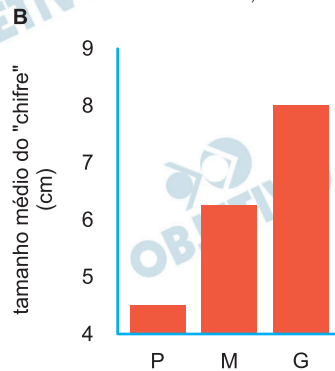
Resolução

- a) **As amostras de fezes 1 e 2 pertencem, com maior probabilidade aos tigres de Bengala. As amostras de DNA 1 e 2 não pertencem ao mesmo indivíduo, porque revelam duas alterações na sequência das bases nitrogenadas.**
- b) **O pesquisador tem razão, porque nas fezes existem células nucleadas que descamam do epitélio intestinal. Os eritrócitos de mamíferos são anucleados e sem organelas e, por isso, não possuem DNA.**

A figura A abaixo mostra o claro dimorfismo sexual que ocorre na espécie de besouro neotropical *Dynastes hercules* (besouro-hércules), um dos maiores besouros do mundo. Nos machos, protuberâncias cefálicas e torácicas formam estruturas semelhantes aos chifres de alguns mamíferos. Um estudo mostrou que, nessa espécie, há três tipos de machos geneticamente distintos, **P**, **M** e **G**, que diferem apenas quanto ao tamanho médio dos “chifres” (figura B). Os dados na figura C indicam a capacidade de machos dos três tipos de copular com fêmeas. Testes genéticos mostraram ainda que 85% dos filhotes em cada geração têm machos do tipo G como pais.



(Udo Schmidt. Disponível em <https://www.flickr.com/photos/30703260@N08>. Acessado em 29/10/2017.)



C

Tipo de macho	Capacidade de cópula
P	70
M	85
G	100

Capacidade de cópula de cada tipo de macho (% de encontros com uma fêmea que resultam em cópula)

- Os “chifres” são parte do esqueleto do besouro-hércules macho. Cite duas características do esqueleto de artrópodes e duas diferenças em relação ao esqueleto de vertebrados.
- Darwin acreditava que diferenças entre animais machos e fêmeas como as mostradas na figura A surgem durante a evolução como consequência da seleção sexual, um tipo especial de seleção natural. Defina seleção natural. Utilizando os dados fornecidos acima, explique por que a característica masculina dimórfica do besouro-hércules é uma adaptação, fruto da seleção natural.

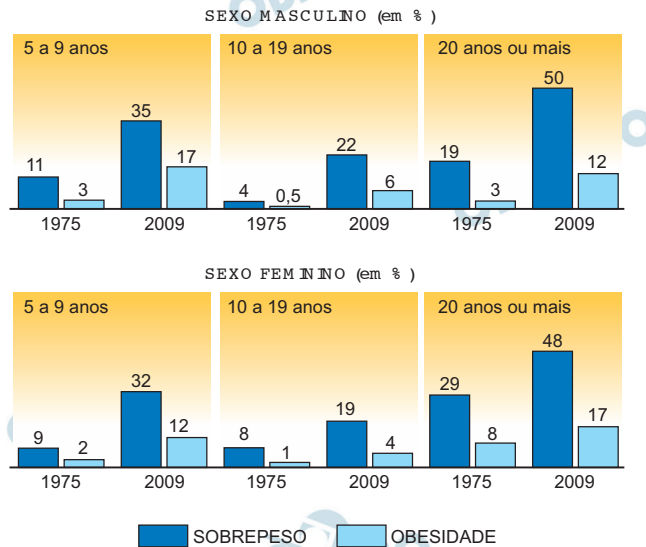
Resolução

- a) O esqueleto dos Artrópodes é externo (exoesqueleto) constituído pelo polissacarídeo quitina, entre outros componentes. O esqueleto dos vertebrados é interno (endoesqueleto) predominantemente ósseo e rico em fosfato de cálcio.
- b) A seleção natural é um fator evolutivo que orienta as variações por canais adaptativos, preservando as características favoráveis para a sobrevivência e reprodução das espécies.

Os machos que apresentavam maiores “chifres”, designados por G, obtém maior sucesso na cópula e transmitem os genes para esse traço fenotípico para a maioria de seus descendentes, configurando a ação da seleção natural.

As questões a seguir tratam de alimentação e saúde humana.

- a) Um dos maiores problemas de saúde pública no mundo é a obesidade. Considerando separadamente as populações masculina e feminina, em qual faixa etária houve maior crescimento proporcional de obesos entre 1975 e 2009, de acordo com os gráficos abaixo? Sabendo que os carboidratos constituem aproximadamente 50% da dieta diária recomendada pelo Ministério da Saúde, explique a necessidade desse nutriente e por que ele pode causar obesidade.



- b) O consumo diário de frutas, hortaliças e legumes é considerado altamente benéfico para a saúde humana. Um estudo realizado no Hospital do Câncer de Barretos (SP) indicou que as hortaliças da família das crucíferas (brócolis, couve-flor, couve, agrião, rúcula, entre outras), após passarem por processamento enzimático no organismo, liberam sulforafano e indol-3-carbinol, substâncias capazes de inibir a proliferação celular. O que é o câncer? Por que as hortaliças da família das crucíferas são consideradas importantes na prevenção dessa doença?

(Fonte: Pesquisa de orçamentos familiares, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível em www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal. Acessado em 15/10/2017.)

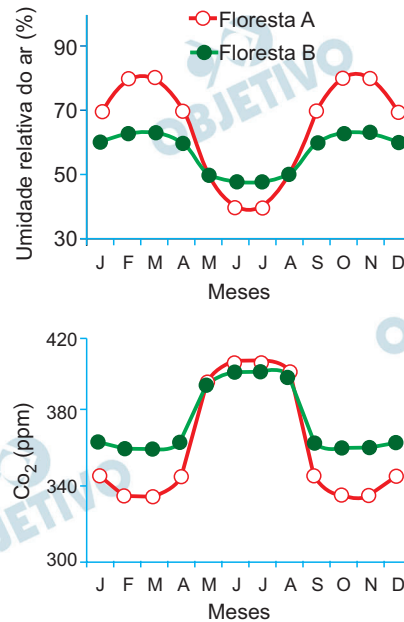
Resolução

- a) No sexo masculino na faixa de 10 a 19 anos. No sexo feminino, de 5 a 9 anos.

Os carboidratos são alimentos essencialmente energéticos, ou seja, utilizados na síntese de ATP necessário nas atividades metabólicas. Quando ingerido em excesso é transformado em gorduras, podendo causar a obesidade.

- b) O câncer é causado por mutações gênicas que alteram o estado de proliferação celular mitótica. A ingestão de vegetais da família das crucíferas inibem a proliferação celular por liberar substâncias antimitóticas, após o seu processamento enzimático no corpo humano.

Plantas têm papel crucial na ciclagem de carbono e de água no ambiente, captando e liberando o gás carbônico atmosférico e transferindo água do solo para o ar. Os gráficos abaixo representam padrões anuais de variação nas concentrações de vapor d'água do ar e de gás carbônico em regiões ocupadas por duas florestas tropicais distintas, A e B.



As variações mostradas ocorrem como consequência da presença das florestas. A precipitação nas duas áreas ocorre no período quente do ano (setembro a abril). Além disso, a concentração de CO₂ atmosférico seria de 380 ppm se não houvesse cobertura vegetal.

- Considerando que a transpiração tem relação direta com o consumo hídrico, qual das duas florestas tem maior dependência de disponibilidade de água? Considerando que a fotossíntese e a respiração determinam o padrão anual de variação de CO₂, qual das duas florestas tem maior produção anual de biomassa? Justifique suas respostas.
- Em um cenário de redução no regime de chuvas, o que aconteceria com as concentrações de vapor d'água do ar e de CO₂ nas regiões ocupadas pelas florestas? Justifique sua resposta.

Resolução

- Floresta A. Nos períodos de maior precipitação, de setembro a abril, a transpiração é mais intensa, evidenciando maior transferência de água do solo para o ar.**
A floresta A tem maior produção anual de biomassa, em consequência da maior captação de CO₂ do ar.

b) A concentração de vapor de água do ar é reduzido como consequência do fechamento estomático e da menor transpiração.

A concentração de CO_2 do ar aumenta devido a menor captação desse gás durante o período mais seco.

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

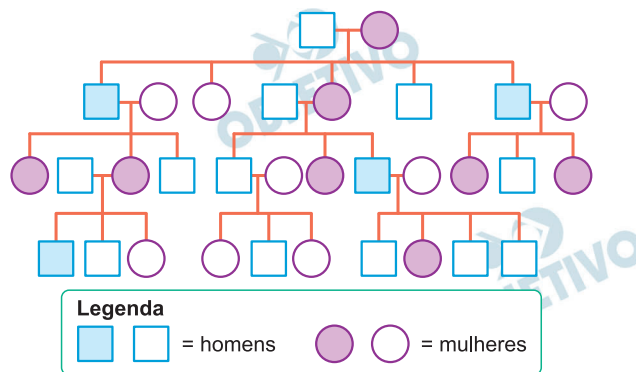
A estrutura química do composto puromicina é muito semelhante à estrutura de um RNA transportador. Em virtude dessa semelhança, os ribossomos de procariotos são capazes de interagir com a puromicina como se ela fosse um RNA transportador. O ribossomo catalisa a formação de uma ligação covalente entre a cadeia proteica em crescimento e a puromicina, se este composto estiver presente durante a tradução. Após tal evento bioquímico, novos aminoácidos não podem ser incorporados à cadeia da proteína.

- a) Por que a puromicina tem ação antibiótica sobre bactérias? Na presença de puromicina, a massa molecular média de uma dada proteína bacteriana será maior, igual ou menor em relação à massa média da mesma proteína na ausência do antibiótico? Explique seu raciocínio.
- b) A puromicina também é utilizada para transgenia. Neste caso, um gene que codifica uma enzima capaz de destruir a puromicina é adicionado, juntamente com o gene de interesse do pesquisador, ao genoma de células cultivadas *in vitro*. Na presença de puromicina, a taxa de sobrevivência de células que receberam esses genes será igual, maior ou menor em relação à sobrevivência de células não modificadas? Explique seu raciocínio.

Resolução

- a) **A puromicina tem ação antibiótica sobre bactérias, porque interrompe a produção das proteínas necessárias à sobrevivência dos procariotos. A massa molecular média de uma dada proteína será menor na presença do antibiótico, porque o medicamento impede a adição de novos aminoácidos nas proteínas.**
- b) **A taxa de sobrevivência das células que receberam esses genes será maior, porque o produto do transgene destrói a puromicina que abrevia o tempo de vida das células que não receberam o gene.**

O heredograma abaixo representa o padrão de herança, em uma única família, de uma doença genética humana. Os indivíduos doentes são representados em preto, enquanto os indivíduos não doentes são indicados em branco. Nessa família, a doença é causada por apenas um loco gênico, localizado em um dos dois tipos de cromossomos sexuais. No conjunto dos indivíduos da família, esse loco apresenta dois alelos, A_1 e A_2 .



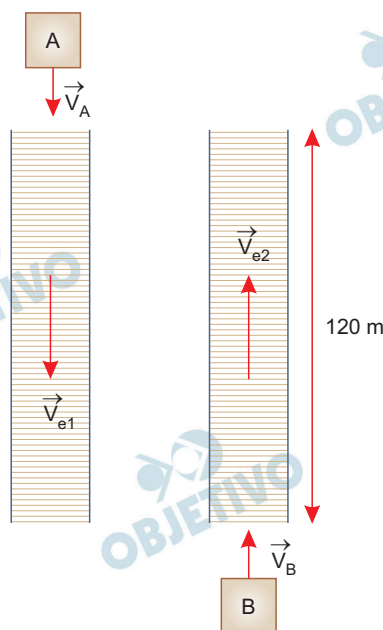
- a) O loco gênico envolvido nessa doença está no cromossomo X ou no cromossomo Y? Considerando que um dos alelos é dominante, o alelo que promove o aparecimento da doença nos indivíduos afetados (alelo A_1) é dominante ou recessivo em relação ao alelo A_2 ? Explique como você chegou às suas conclusões.
- b) Pesquisas recentes analisaram as alterações causadas nos neurônios de indivíduos doentes pelo alelo A_1 . Nessas pesquisas, fibroblastos coletados da pele de pessoas afetadas foram utilizados para produzir células-tronco pluripotentes (iPSC). As iPSC foram então utilizadas para gerar neurônios. Por que células-tronco podem originar neurônios? Por que não seria adequado aos pesquisadores estudar os efeitos neuronais do alelo A_1 diretamente nos fibroblastos coletados da pele dos indivíduos afetados?

(Inspirado em Maria C. N. Marchetto e outros, A model for neural development and treatment of Rett Syndrome using human induced pluripotent stem cells. *Cell*, Cambridge, v. 143, p. 527–539, nov. 2010. Pesquisa realizada pela equipe do brasileiro Alysson Muotri, ex-aluno da UNICAMP e atualmente professor da Universidade da Califórnia, San Diego, EUA.)

Resolução

- a) O loco gênico envolvido nessa doença está no cromossomo X, porque se ocorresse no cromossomo Y, somente se manifestaria em homens. O alelo A_1 é dominante em relação ao alelo A_2 . Observa-se, da análise do heredograma, que todas as filhas de pais afetados são sempre afetadas já que herdaram o cromossomo X^{A_1} do genitor masculino, sendo este um forte indicativo de doença causada por um gene dominante ligado ao X. Outra evidência é que filhos homens de pais afetados não exibem a doença.
- b) Porque células-tronco possuem a capacidade de diferenciação celular podendo dar origem à células adultas, como por exemplo os neurônios. Fibroblastos e neurônios têm padrão de expressão gênico distintos. Logo, os efeitos neuronais do alelo A_1 só poderiam ser observados nos neurônios, pois o determinado alelo encontra-se ativo nesse tipo celular e inativo nos fibroblastos.

Esteiras rolantes horizontais são frequentemente instaladas em grandes aeroportos para facilitar o deslocamento das pessoas em longos corredores. A figura abaixo mostra duas esteiras rolantes que se deslocam em sentidos opostos com velocidades constantes em relação ao piso em repouso (\vec{V}_{e1} e \vec{V}_{e2}) e de mesmo módulo, igual a 1,0 m/s. Em um mesmo instante, duas pessoas (representadas por A e B) que se deslocavam com velocidade constante de módulo igual a $v_A = 1,5$ m/s e $v_B = 0,5$ m/s em relação ao piso e em sentidos contrários entram nas esteiras e continuam caminhando como anteriormente, como mostra a figura. As esteiras rolantes têm comprimento total de 120 m.



- Calcule o tempo necessário para que a pessoa A chegue até a outra extremidade da esteira rolante.
- Quanto tempo depois de entrarem nas esteiras as pessoas A e B passam uma pela outra?

Resolução

- 1) A velocidade resultante da pessoa A (velocidade relativa ao solo) é dada por:

$$\vec{V}_{RA} = \vec{V}_A + \vec{V}_{e1}$$

$$|\vec{V}_{RA}| = 1,5 + 1,0 \text{ (m/s)} = 2,5 \text{ m/s}$$

$$2) \quad |\vec{V}_{RA}| = \frac{\Delta s}{\Delta t_A}$$

$$2,5 = \frac{120}{\Delta t_A} \Rightarrow \Delta t_A = 48\text{s}$$

b) 1) Para um referencial no solo:

$$|\vec{V}_{RA}| = 2,5\text{m/s} \text{ e } |\vec{V}_{RB}| = 1,5\text{m/s}$$

$$|\vec{V}_{rel}| = |\vec{V}_{RA}| + |\vec{V}_{RB}| = 4,0\text{m/s}$$

$$2) \Delta s_{rel} = V_{rel} T_E$$

$$120 = 4,0T_E$$

$$T_E = 30\text{s}$$

Respostas: a) $\Delta t_A = 48\text{s}$

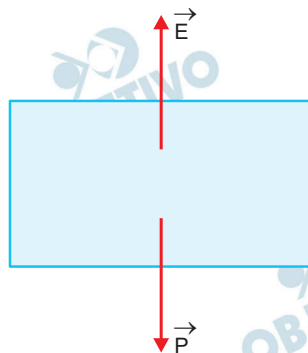
b) $T_E = 30\text{s}$

Um gigantesco iceberg despreendeu-se recentemente da Antártida, no extremo sul do planeta. O desprendimento desse *iceberg*, batizado de A68, foi considerado um dos maiores eventos do gênero já registrados pela ciência moderna. Segundo a NASA, é difícil prever se o iceberg permanecerá como um único bloco, mas é mais provável que ele se fragmente.

- a) Considere que o iceberg tem o formato aproximado de uma placa de 6000 km^2 de área e 500 m de espessura. Sendo a densidade do gelo $\rho_g = 900 \text{ kg/m}^3$, calcule o empuxo sobre o iceberg que o mantém flutuando.
- b) Suponha um *iceberg* com velocidade de deriva constante. Em um dado momento, tensões internas fazem com que dois blocos de gelo menores, A e B, se desprendam e sejam lançados em sentidos opostos e perpendicularmente à direção da velocidade de deriva do *iceberg*. As massas dos blocos são $m_A = 2,0 \times 10^5 \text{ kg}$ e $m_B = 5,0 \times 10^4 \text{ kg}$. Sabendo que imediatamente após a fragmentação a direção da velocidade de deriva do *iceberg* se mantém, e que o módulo da velocidade do bloco A é $v_A = 0,5 \text{ m/s}$, calcule o módulo da velocidade do bloco B imediatamente após a ruptura.

Resolução

a)



Para o iceberg flutuando, temos:

$$E = P_g = \rho_g V g$$

$$E = 900 \cdot 6,0 \cdot 10^3 \cdot 10^6 \cdot 5,0 \cdot 10^2 \cdot 10 \text{ (N)}$$

$$E = 270 \cdot 10^{14} \text{ N}$$

$$E = 2,7 \cdot 10^{16} \text{ N}$$

b) Conservação da quantidade de movimento na direção perpendicular à velocidade do iceberg

$$\vec{Q}_A + \vec{Q}_B = \vec{0}$$

$$\vec{Q}_A = -\vec{Q}_B \Leftrightarrow |\vec{Q}_A| = |\vec{Q}_B|$$

$$m_A V_A = m_B V_B$$

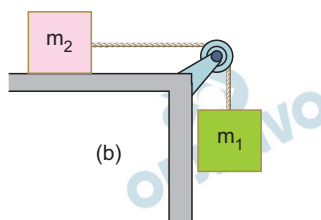
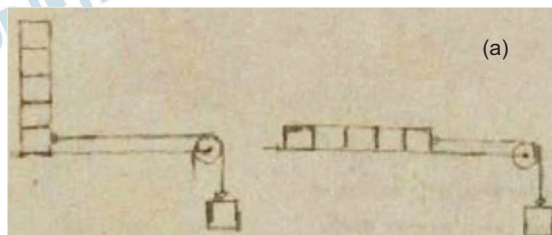
$$3,0 \cdot 10^5 \cdot 0,5 = 5,0 \cdot 10^4 V_B$$

$$V_B = 2,0 \text{ m/s}$$

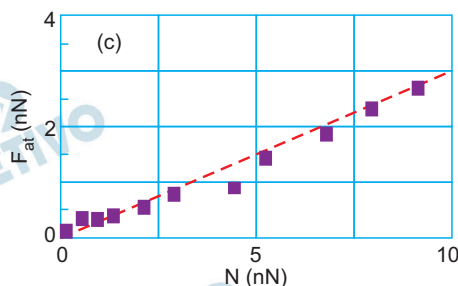
Respostas: a) $E = 2,7 \cdot 10^{16} \text{ N}$

b) $V_B = 2,0 \text{ m/s}$

Importantes estudos sobre o atrito foram feitos por Leonardo da Vinci (1452-1519) e por Guillaume Amontons (1663-1705). A figura (a) é uma ilustração feita por Leonardo da Vinci do estudo sobre a influência da área de contato na força de atrito.

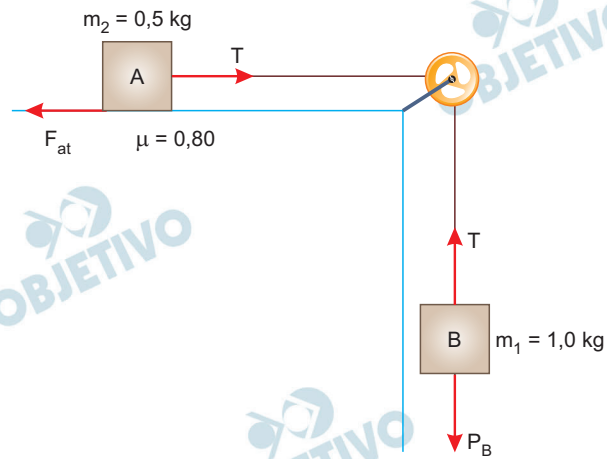


- a) Dois blocos de massas $m_1 = 1,0 \text{ kg}$ e $m_2 = 0,5 \text{ kg}$ são ligados por uma corda e dispostos como mostra a figura (b). A polia e a corda têm massas desprezíveis, e o atrito nas polias também deve ser desconsiderado. O coeficiente de atrito cinético entre o bloco de massa m_2 e a superfície da mesa é $\mu_c = 0,8$. Qual deve ser a distância de deslocamento do conjunto para que os blocos, que partiram do repouso, atinjam a velocidade $v = 2,0 \text{ m/s}$?
- b) Em certos casos, a lei de Amontons da proporcionalidade entre a força de atrito cinético e a força normal continua válida nas escalas micrométrica e nanométrica. A figura (c) mostra um gráfico do módulo da força de atrito cinético, F_{at} , em função do módulo da força normal, N , entre duas monocamadas moleculares de certa substância, depositadas em substratos de vidro.



Considerando $N = 5,0 \text{ nN}$, qual será o módulo do trabalho da força de atrito se uma das monocamadas se deslocar de uma distância $d = 2,0 \text{ }\mu\text{m}$ sobre a outra que se mantém fixa?

Resolução



a) 1) PFD(A): $T - F_{at} = m_2 a$

2) PFD(B): $P_B - T = m_1 a$

3) PFD(A + B): $P_B - F_{at} = (m_1 + m_2) a$

$$m_1 g - \mu m_2 g = (m_1 + m_2) a$$

$$10,0 - 0,8 \cdot 5,0 = 1,5 a$$

$$a = 4,0 \text{ m/s}^2$$

4) $V^2 = V_0^2 + 2ad$

$$(2,0)^2 = 0 + 2 \cdot 4,0 \cdot d$$

$$d = 0,5 \text{ m}$$

b) 1) Do gráfico dado:

$$\text{Para } N = 5,0 \text{ nN} \Rightarrow F_{at} = 1,5 \text{ nN}$$

2) $\tau_{at} = F_{at} \cdot d \cdot \cos 180^\circ$

$$\tau_{at} = 1,5 \cdot 10^{-9} \text{ N} \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot (-1)$$

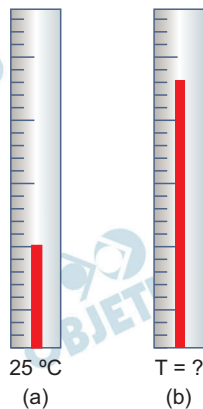
$$|\tau_{at}| = 3,0 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

Respostas: a) $d = 0,5 \text{ m}$

b) $|\tau_{at}| = 3,0 \cdot 10^{-15} \text{ J}$

Termômetros clínicos convencionais, de uso doméstico, normalmente baseiam-se na expansão térmica de uma coluna de mercúrio ou de álcool, ao qual se adiciona um corante. Com a expansão, o líquido ocupa uma parte maior de uma coluna graduada, na qual se lê a temperatura.

- a) O volume de álcool em um termômetro é $V_0 = 20 \text{ mm}^3$ a 25°C , e corresponde à figura (a). Quando colocado em contato com água aquecida, o termômetro apresenta a leitura mostrada na figura (b). A escala está em milímetros, a área da seção reta da coluna é $A = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$. O aumento do volume, ΔV , produzido pelo acréscimo de temperatura ΔT , é dado por $\frac{\Delta V}{V_0} = \gamma \Delta T$. Se para o álcool $\gamma = 1,25 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, qual é a temperatura T da água aquecida?

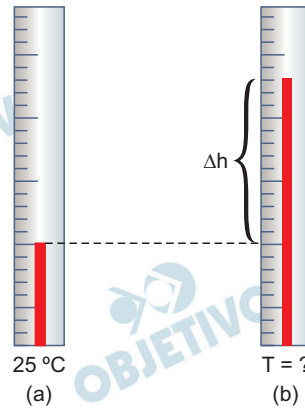


- b) Os termômetros de infravermelho realizam a medida da temperatura em poucos segundos, facilitando seu uso em crianças. Seu funcionamento baseia-se na coleta da radiação infravermelha emitida por parte do corpo do paciente. A potência líquida radiada por unidade de área do corpo humano é dada por $\Phi = 4 \sigma T_0^3 \Delta T$, sendo $\sigma \sim 6 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ a constante de Stefan-Boltzmann, $T_0 = 300 \text{ K}$ a temperatura ambiente e $\Delta T = T_{\text{corpo}} - T_0$ a diferença entre a temperatura do corpo, que deve ser medida, e a temperatura ambiente. Sabendo que em certa medida de temperatura $\Phi = 64,8 \text{ W/m}^2$, encontre a temperatura do paciente em $^\circ\text{C}$. Lembre-se que $\theta (^\circ\text{C}) \sim T (\text{K}) - 273$.

Resolução

Situação inicial
do termômetro a
álcool a 25°C

Situação final
do termômetro a
álcool a uma
temperatura T



$$V_0 = 20 \text{ mm}^3 \\ A = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mm}^2$$

$$13 \text{ divisões} \\ \Delta h = 13 \text{ mm} \\ \gamma = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{a) } \frac{\Delta V}{V_0} = \gamma \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\Delta V}{V_0 \gamma} \Rightarrow T - T_0 = \frac{\Delta V}{V_0 \gamma}$$

$$T = T_0 + \frac{A \Delta h}{V_0 \gamma}$$

$$T = 25 + \frac{5,0 \cdot 10^{-2} \cdot 13}{20 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3}} \text{ (} ^\circ\text{C)}$$

$$T = 25 + \frac{65 \cdot 10^{-2}}{25 \cdot 10^{-3}} \text{ (} ^\circ\text{C)}$$

$$T = 25 + 26 \text{ (} ^\circ\text{C)}$$

$$T = 51^\circ\text{C}$$

b) De acordo com a fórmula fornecida, temos:

$$\Phi = 4\sigma T_0^3 \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{\Phi}{4\sigma T_0^3}$$

$$T_{\text{corpo}} - T_0 = \frac{\Phi}{4\sigma T_0^3}$$

$$T_{\text{corpo}} = T_0 + \frac{\Phi}{4\sigma T_0^3}$$

$$T_{\text{corpo}} = 300 + \frac{64,8}{4 \cdot 6,0 \cdot 10^{-8} (300)^3} \text{ (K)}$$

$$T_{\text{corpo}} = 300 + \frac{64,8}{24 \cdot 10^{-8} \cdot 27 \cdot 10^6} \text{ (K)}$$

$$T_{\text{corpo}} = 300 + \frac{64,8}{648 \cdot 10^{-2}} \text{ (K)}$$

$$T_{\text{corpo}} = 300 + 10 \text{ (K)}$$

$$T_{\text{corpo}} = 310\text{K}$$

$$\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = T\text{(K)} - 273$$

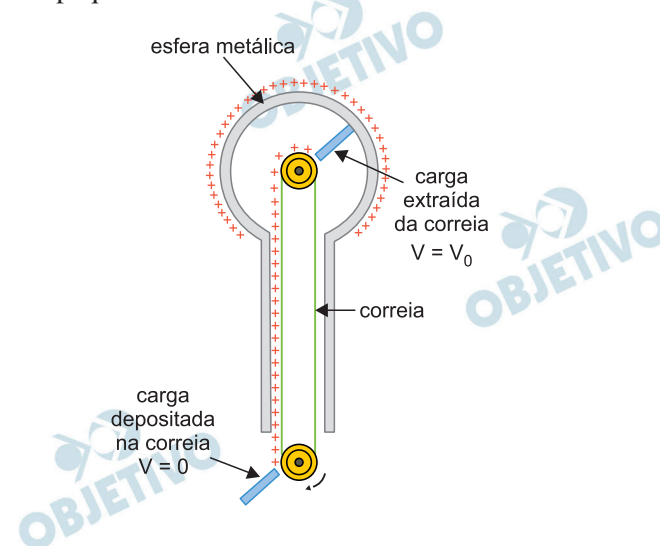
$$\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = 310 - 273 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\theta \text{ (}^\circ\text{C)} = 37 \text{ }^\circ\text{C}$$

Respostas: a) 51°C

b) 37°C

Geradores de Van de Graaff têm a finalidade de produzir altas diferenças de potencial. Consistem em uma esfera metálica onde é acumulada a carga proveniente de uma correia em movimento. A carga é inicialmente depositada na parte inferior da correia, que está aterrada (potencial $V = 0$, ver figura), e é extraída da correia quando atinge a parte superior, que está no potencial V_0 , fluindo para a esfera metálica. O movimento da correia é mantido por um pequeno motor.



- a) Em um gerador em operação, a carga transportada por unidade de comprimento da correia é igual a $\lambda = 1,25 \times 10^{-7} \text{ C/m}$. Se a taxa com que essa carga é transferida para a esfera metálica é dada por $i = 5,0 \times 10^{-9} \text{ C/s}$, qual é a velocidade da correia?
- b) Um fenômeno muito atraente que ocorre em pequenos geradores usados em feiras de ciências é a produção de faísca, decorrente de uma descarga elétrica, quando um bastão metálico aterrado é aproximado da esfera carregada do gerador. A descarga elétrica ocorre quando o módulo do campo elétrico na região entre a esfera e o bastão torna-se maior que a rigidez dielétrica do ar, que vale $E_{rd} = 3,0 \times 10^6 \text{ V/m}$. Para simplificar, considere que a esfera de um gerador e a extremidade do bastão equivalem a duas placas metálicas paralelas com uma diferença de potencial de $V = 7,5 \times 10^4 \text{ V}$. Calcule a distância entre elas para que a descarga ocorra.

Resolução

- a) Sendo $\lambda = 1,25 \cdot 10^{-7} \frac{\text{C}}{\text{m}}$, para um deslocamento

Δs de 1,0m da correia, é transferida para a esfera do gerador uma quantidade de carga elétrica Q de $1,25 \cdot 10^{-7} \text{ C}$.

A taxa i de transferência de carga elétrica entre a correia e a esfera é dada por:

$$i = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$5,0 \cdot 10^{-9} = \frac{1,25 \cdot 10^{-7}}{\Delta t}$$

$$\Delta t = 25\text{s}$$

O módulo V da velocidade da correia é dada por:

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$V = \frac{1,0}{25} \text{ m/s}$$

$$V = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

- b) Para o campo elétrico uniforme de intensidade E entre as placas metálicas, temos:

$$Ed = U$$

$$\frac{U}{d} = E$$

onde: $\left\{ \begin{array}{l} U = \text{tensão elétrica entre as placas;} \\ d = \text{distância entre as placas} \end{array} \right.$

Para a ruptura do dielétrico, temos

$$E > 3,0 \cdot 10^6 \text{ V/m}$$

Portanto:

$$\frac{7,5 \cdot 10^4}{d} > 3,0 \cdot 10^6$$

$$d < \frac{7,5 \cdot 10^4}{3,0 \cdot 10^6} \text{ m}$$

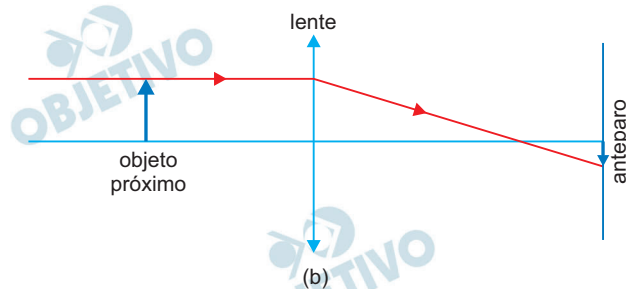
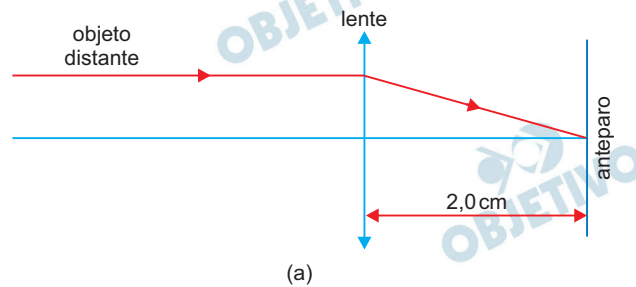
$$d < 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

A descarga elétrica ocorre então para distâncias menores do que $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

Respostas: a) $4,0 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ ou $4,0 \text{ cm/s}$

b) menor do que $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ou $2,5 \text{ cm}$

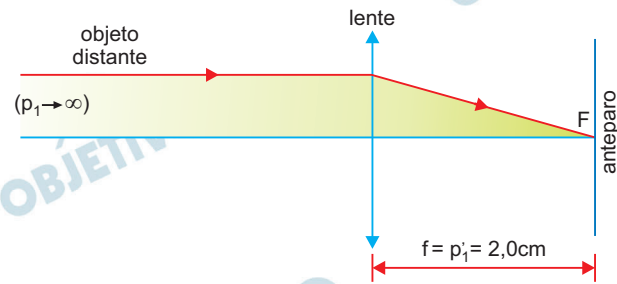
A acomodação da visão consiste na mudança da distância focal do cristalino, que é uma lente convergente do olho, de modo que a imagem se forme exatamente na retina, tanto para objetos a grandes distâncias quanto para objetos próximos. A catarata é uma doença que torna o cristalino opaco. Seu tratamento consiste na substituição do cristalino doente por uma lente intraocular. Neste caso, a acomodação visual pode ser obtida através do deslocamento da lente implantada, para frente e para trás, com o auxílio do músculo ciliar.



- a) Uma lente de distância focal fixa forma a imagem de um objeto localizado a uma grande distância em um anteparo, conforme mostra a figura (a). Qual é a distância focal da lente, e quanto ela deve ser afastada para formar, no anteparo, a imagem de um objeto localizado a 50 cm da posição final da lente, conforme mostra a figura (b)?
- b) Lasers que emitem pulsos de luz no infravermelho de duração de vários femtossegundos ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$) vêm sendo empregados nas cirurgias oculares. Considere que um laser emite radiação de comprimento de onda $\lambda = 1050 \text{ nm}$, e que cada um de seus pulsos dura $\Delta t = 70 \text{ fs}$. Qual é o período da onda eletromagnética radiada e qual é o número de comprimentos de onda contidos em um pulso? A velocidade da luz no vácuo é $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$.

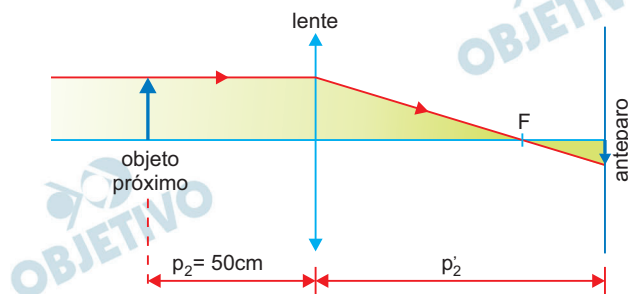
Resolução

- a) I) Com a lente focalizada para um objeto impróprio ($p_1 \rightarrow \infty$), obtemos a distância focal.



Da qual: $f = 2,0 \text{ cm}$

- II) Com a lente focalizada para um objeto distante $p_2 = 50 \text{ cm}$, tem-se:



Equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p_2'} \Rightarrow \frac{1}{2,0} = \frac{1}{50} + \frac{1}{p_2'}$$

$$\frac{1}{p_2'} = \frac{1}{2,0} - \frac{1}{50} \Rightarrow \frac{1}{p_2'} = \frac{25 - 1}{50}$$

De onde se obtém:

$$p_2' = \frac{50}{24} \text{ cm}$$

- III) A lente deve ser afastada do anteparo uma distância $\Delta p'$, dada por:

$$\Delta p' = p_2' - p_1' \Rightarrow \Delta p' = \frac{50}{24} - 2,0 \text{ (cm)}$$

$$\Delta p' = \frac{50 - 48}{24} \text{ (cm)} \Rightarrow \Delta p' \cong 0,083 \text{ cm}$$

b) I) Equação fundamental da Ondulatória:

$$c = \lambda f \Rightarrow c = \frac{\lambda}{T}$$

$$3,0 \cdot 10^8 = \frac{1050 \cdot 10^{-9}}{T}$$

Da qual: $T = 3,5 \cdot 10^{-15} \text{s}$

ou $T = 3,5 \text{ fs}$

II) Cálculo do número N e períodos da radiação em $\Delta t = 70 \text{ fs}$:

$$N = \frac{\Delta t}{T} \Rightarrow N = \frac{70}{3,5} \text{ períodos}$$

Da qual: $N = 20 \text{ períodos}$

III) Durante um período, a radiação avança o equivalente a um comprimento de onda. Logo, o número N_C de comprimento de onda é:

$$N_C = 20 \text{ comprimentos de onda}$$

Respostas: a) 2,0 cm e aproximadamente 0,083 cm
b) 3,5 fs e 20 comprimentos de onda

O Brasil é o maior produtor não asiático de arroz. Em 2015, importou cerca de 370 mil toneladas do produto e exportou 960 mil. Esse cereal é uma importante fonte de nutrientes para bilhões de pessoas, fornecendo 15% das necessidades diárias de proteína de um adulto. O arroz é também importante fonte de minerais como cálcio, fósforo, potássio e, em menor quantidade, ferro, manganês e zinco. Dependendo de alguns fatores, como o local de produção ou o uso de fertilizantes e defensivos agrícolas, o arroz pode conter pequenas quantidades de arsênio, cádmio, chumbo, entre outros elementos.

- a) Um estudo comparou três modos diferentes de cozinhar o arroz para verificar como a forma de preparo pode modificar a quantidade de minerais no cereal cozido.
1. O arroz foi cozido na proporção de cinco partes de água para uma parte de arroz. O excesso de água foi drenado após o cozimento.
 2. O arroz foi embebido em água durante a noite, a água foi drenada e o arroz foi lavado até a água clarear. Drenou-se a água, e o arroz foi cozido na proporção de cinco partes de água para uma parte de arroz. O excesso de água foi drenado após o cozimento.
 3. O arroz foi cozido na proporção de duas partes de água para uma de arroz. O excesso de água evaporou durante o processo de cozimento.

Do ponto de vista químico, qual tipo de cozimento deve ter levado à menor presença de minerais no arroz cozido: 1, 2 ou 3? Justifique sua resposta.

- b) Em outro estudo, determinaram-se as concentrações totais de arsênio, cádmio e chumbo, em diferentes tipos comerciais de arroz (polido, integral e parboilizado) provenientes de várias regiões brasileiras, visando à promoção da saúde pública. Explique de que forma esse estudo estaria promovendo a saúde pública ao se preocupar com a presença desses elementos químicos e suas concentrações em diferentes tipos comerciais de arroz.

Resolução

- a) **O procedimento 2 utiliza maior quantidade de água. Como consequência, o maior contato do arroz com a água faz com que a maior parte dos minerais solúveis em água sejam removidos do arroz cozido.**
- b) **Nos seres humanos, a intoxicação por cádmio, chumbo e arsênio pode causar danos à saúde, atingindo principalmente o sistema nervoso. Os íons desses metais são chamados de íons de metais pesados e são extremamente tóxicos aos organismos vivos. Devido ao problema da bioacumulação,**

esses metais podem causar intoxicação em todos os níveis das cadeias alimentares. As pessoas devem utilizar o tipo de arroz com a menor concentração possível desses íons.

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

14

Uma das formas de se prevenir a transmissão do vírus H1N1, causador da gripe suína, é usar álcool 70% para higienizar as mãos. É comum observar pessoas portando álcool gel na bolsa ou encontrá-lo em ambientes públicos, como restaurantes, consultórios médicos e hospitais. O álcool 70% também possui ação germicida contra diversas bactérias patogênicas. A tabela abaixo mostra a ação germicida de misturas álcool/água em diferentes proporções contra o *Streptococcus pyogenes*, em função do tempo de contato.

Concentração do Etanol (%)	Tempo (segundos)				
	10	20	30	40	50
100	-	-	-	-	-
90	+	+	+	+	+
80	+	+	+	+	+
70	+	+	+	+	+
60	+	+	+	+	+
50	-	-	+	+	+
40	-	-	-	-	-

- ausência de ação germicida (crescimento bacteriano).
+ ação germicida (ausência de crescimento bacteriano).

(Adaptado de G. H. Talbot e outros, 70% alcohol disinfection of transducer heads: experimental trials. *Infect Control*, v. 6, n. 6, p. 237-239, jun. 1985.)

- a) Recomenda-se descartar uma garrafa com álcool 70% deixada aberta por um longo período, mesmo que ela esteja dentro do prazo de validade. Justifique essa recomendação levando em conta os dados da tabela acima e considerando o que pode acontecer à solução, do ponto de vista químico.
- b) Além da higienização com álcool 70%, também estamos acostumados a utilizar água e sabão. Ambos os procedimentos apresentam vantagens e desvantagens. As desvantagens seriam a desidratação ou a remoção de gorduras protetoras da pele. Correlacione cada procedimento de higienização com as desvantagens citadas. Explique a sua resposta explicitando as possíveis interações químicas envolvidas em cada caso.

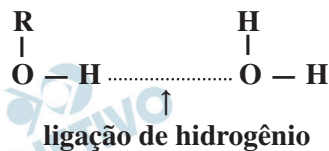
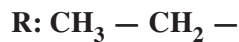
Resolução

a) Por meio da tabela fornecida, verificamos que, para a concentração do etanol igual ou menor que 40%, teremos ausência de ação germicida do álcool, portanto, haverá crescimento bacteriano. Ao deixar uma garrafa com álcool 70% aberta por um longo período, teremos a evaporação do álcool (líquido mais volátil que a água). Isso provoca a diminuição da concentração do álcool a níveis iguais ou menores que 40%, portanto, não ocorrendo mais ação germicida do etanol. A solução fica mais diluída, isto é, aumenta a concentração da água.

b) b₁) Higienização da pele com álcool 70%

A desidratação da pele ocorre na higienização com álcool 70%.

A perda de água da pele é devida às interações entre as moléculas de álcool e água por ligações de hidrogênio.

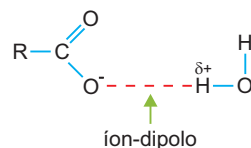


b₂) Higienização da pele com água e sabão

A molécula do sabão é uma molécula anfifílica, isto é, apresenta uma parte apolar (cadeia hidrocarbônica) e uma parte polar (grupo carboxilato).



A parte polar do sabão interage com as moléculas da água, sendo uma interação do tipo íon - dipolo.



A remoção da gordura da pele é devida às interações entre as moléculas da gordura com as cadeias hidrocarbônicas do sabão, interações essas do tipo força de van der Waals ou força de dispersão de London ou força entre dipolos induzidos.



Apesar de ser um combustível alternativo em relação aos combustíveis fósseis, o gás hidrogênio apresenta alguns problemas em seu uso direto. Uma alternativa é produzir o gás hidrogênio por eletrólise da água, para depois utilizá-lo na síntese do ácido fórmico, a partir da hidrogenação catalítica de gás carbônico. A possibilidade de utilizar o ácido fórmico como combustível tem feito crescer a demanda mundial por esse produto. A figura abaixo ilustra como seria o ciclo de produção e consumo do ácido fórmico, conforme indica o texto.

- a) Considerando as informações do texto e a figura abaixo, cite duas vantagens em se adotar a alternativa descrita.



(Adaptado de Team Fast. Disponível em <https://www.teamfast.nl/hydrozine/>. Acessado em 10/08/2017.)

- b) A reação de síntese do ácido fórmico a partir da hidrogenação catalítica de gás carbônico, em fase gasosa, apresenta um valor muito pequeno de constante de equilíbrio. Visando a aumentar o seu rendimento, imagine que sejam promovidos, separadamente, um aumento do volume e um aumento da temperatura da mistura reacional em equilíbrio. Preencha a tabela a seguir de modo a informar o que ocorre com a quantidade de ácido fórmico. Use as palavras aumenta ou diminui e justifique cada escolha no espaço correspondente.

Na temperatura da síntese, considere que as entalpias de formação do gás carbônico, do ácido fórmico e do hidrogênio são (em $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) -394 , -363 e 0 , respectivamente.

	Aumento de volume	Aumento de temperatura
Quantidade de ácido fórmico		
Justificativa		

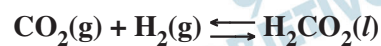
Resolução

- a) O ácido fórmico é líquido nas condições ambientes, o que facilita o transporte e o armazenamento em relação ao hidrogênio, que é um gás explosivo, de difícil transporte e armazenamento. O ácido fórmico não aumenta a concentração de CO_2 do ambiente (carbono neutro), pois o hidrogênio proveniente da eletrólise da água reage com o CO_2 (originado da queima do ácido fórmico) para produção de ácido fórmico:



Além disso, o ácido fórmico é proveniente de fontes de energia limpa (eólica e solar).

- b) Cálculo da entalpia da reação de produção do ácido fórmico:



$$\Delta H_{\text{reação}} = \sum \Delta H_{\text{produtos}} - \sum \Delta H_{\text{reagentes}}$$

$$\Delta H_{\text{reação}} = (-363 \text{ kJ}) - (0 - 394 \text{ kJ})$$

$$\Delta H_{\text{reação}} = +31 \text{ kJ}$$

De acordo com o Princípio de Le Châtelier, temos:

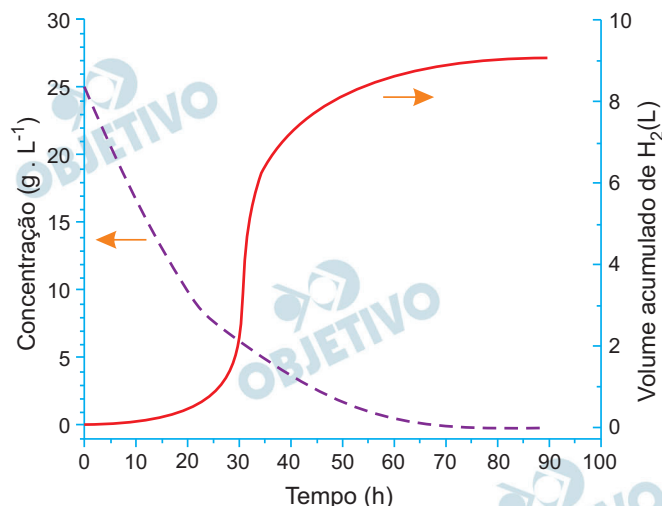
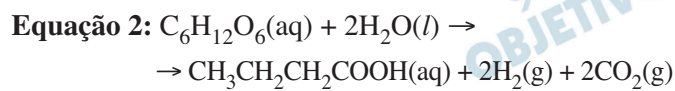
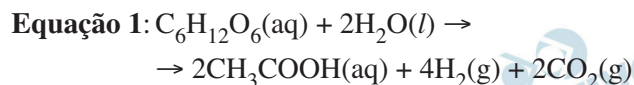
Como a reação é endotérmica, o aumento da temperatura desloca o equilíbrio para a direita, logo a concentração de ácido fórmico **AUMENTA**.

O aumento de volume, à temperatura constante, provoca diminuição da pressão deslocando o equilíbrio para a esquerda, logo a concentração do ácido fórmico **DIMINUI**.

Completando a tabela contida na folha de respostas, temos:

	Aumento de volume	Aumento de temperatura
Quantidade de ácido fórmico	Diminui	Aumenta
Justificativa	Deslocamento do equilíbrio para esquerda	Deslocamento do equilíbrio para direita

Graças a sua alta conversão energética e à baixa geração de resíduos, o gás hidrogênio é considerado um excelente combustível. Sua obtenção a partir da fermentação anaeróbia de biomassas, como bagaço de cana, glicerol, madeira e resíduos do processamento da mandioca, abundantes e de baixo custo, parece ser uma boa alternativa tecnológica para o Brasil. A velocidade da fermentação, bem como os diferentes produtos formados e suas respectivas quantidades, dependem principalmente do tipo de substrato e do tipo de microrganismo que promove a fermentação. As equações e a figura abaixo ilustram aspectos de uma fermentação de 1 litro de solução de glicose efetuada pela bactéria *Clostridium butyricum*.



- a) Levando em conta as informações presentes no texto e na figura, e considerando que a fermentação tenha ocorrido, concomitantemente, pelas duas reações indicadas, qual ácido estava presente em maior concentração ($mol \cdot L^{-1}$) ao final da fermentação, o butanoico ou o etanoico? Justifique sua resposta.
- b) A velocidade instantânea da fermentação, em qualquer ponto do processo, é dada pela relação entre a variação da quantidade de hidrogênio formado e a variação do tempo. De acordo com o gráfico, quanto tempo após o início da fermentação a velocidade atingiu seu valor máximo? Justifique sua resposta.

Dados: massa molar da glicose: $180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; volume molar do hidrogênio: $25 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

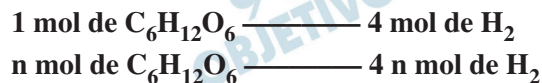
Resolução

a) Pelo gráfico, observamos que 1 litro de solução de glicose (25 g/L) produz 9 litros de hidrogênio (H₂):

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol de C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ ————— } 180 \text{ g} \\ x \text{ ————— } 25 \text{ g} \\ x \cong 0,14 \text{ mol de C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \end{array}$$

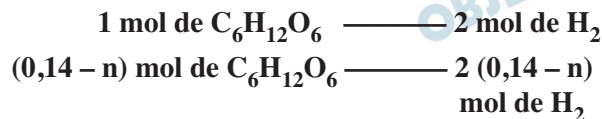
$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol de H}_2 \text{ ————— } 25 \text{ L} \\ y \text{ ————— } 9 \text{ L} \\ y = 0,36 \text{ mol de H}_2 \end{array}$$

Admitindo que n mol de glicose reagem segundo a equação 1, temos a formação de 4 n mol de H₂:



A quantidade de glicose que reagirá na equação 2 será (0,14 – n) mol.

Pela equação 2, teríamos:



O número de mols de hidrogênio formado será
4n (eq. 1) + 2 (0,14 – n) (eq. 2) = 0,36 mol

Portanto, temos:

$$4n + 2 (0,14 - n) = 0,36$$

$$4n + 0,28 - 2n = 0,36$$

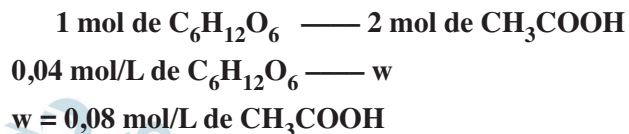
$$2n = 0,08$$

$$n = 0,04 \text{ mol de C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

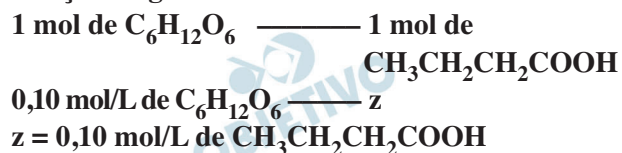
(quantidade de glicose que reage na equação 1)

Quantidade de glicose que reage na equação 2 =
= (0,14 – n) mol = (0,14 – 0,04) mol = 0,10 mol

Cálculo da concentração de ácido etanoico (H₃CCOOH) produzido por 1 L de solução de glicose:

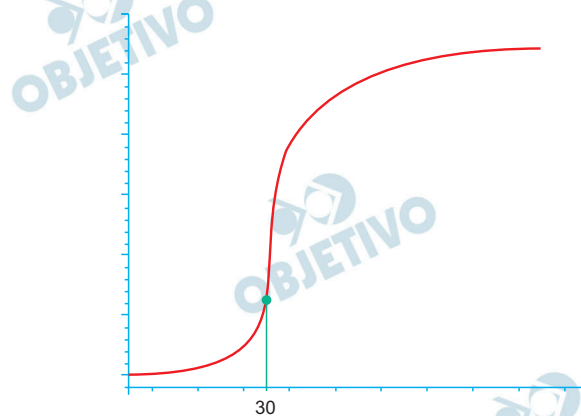


Cálculo da concentração de ácido butanoico (CH₃CH₂CH₂COOH) produzido por 1 L de solução de glicose:



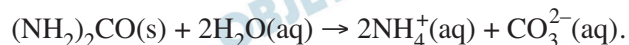
O ácido presente em maior concentração é o ácido butanoico.

- b) Considerando que a velocidade é a relação da variação do volume produzido de H_2 pelo tempo $\left(v = \frac{\Delta \text{Vol}_{H_2}}{\Delta t} \right)$, pode-se concluir que o ponto de maior inclinação da curva de linha cheia indicará o instante de tempo pedido:

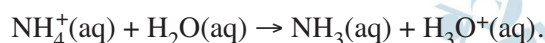


A reação atinge a sua maior velocidade 30h após o início da fermentação.

Fertilizantes são empregados na agricultura para melhorar a produtividade agrícola e atender à demanda crescente por alimentos, decorrente do aumento populacional. Porém, o uso de fertilizantes leva a alterações nas características do solo, que passa a necessitar de correções constantes. No Brasil, o nitrogênio é adicionado ao solo principalmente na forma de ureia, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, um fertilizante sólido que, em condições ambiente, apresenta um cheiro muito forte, semelhante ao da urina humana. No solo, a ureia se dissolve e reage com a água conforme a equação



Parte do nitrogênio, na forma de íon amônio, se transforma em amônia, conforme a equação



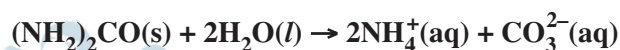
Parte do nitrogênio permanece no solo, sendo absorvido através do ciclo do nitrogênio.

- Na primeira semana após adubação, o solo, nas proximidades dos grânulos de ureia, torna-se mais básico. Considerando que isso se deve essencialmente à solubilização inicial da ureia e à sua reação com a água, explique como as características dos produtos formados explicam esse resultado.
- Na aplicação da ureia como fertilizante, ocorrem muitos processos que levam à perda e ao não aproveitamento do nitrogênio pelas plantas. Considerando as informações dadas, explique a influência da acidez do solo e da temperatura ambiente na perda do nitrogênio na fertilização por ureia.

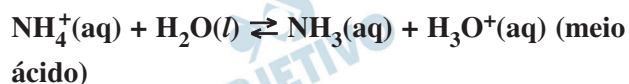
Resolução

- Pela informação do texto, após a primeira semana de adubação o solo torna-se *básico* nas regiões próximas dos grânulos do fertilizante.**

Pela primeira equação fornecida, observamos que a reação de solubilização da ureia produz íons NH_4^+ e CO_3^{2-} .



Tanto o íon amônio (NH_4^+) como o carbonato (CO_3^{2-}) sofrem hidrólise segundo as equações:



Podemos concluir que a hidrólise do íon carbonato (CO_3^{2-}) é uma reação mais rápida, daí predominar a formação de íons OH^- tornando o meio básico.

b) 1) Influência da acidez do solo na fixação do nitrogênio

Pela segunda equação fornecida:



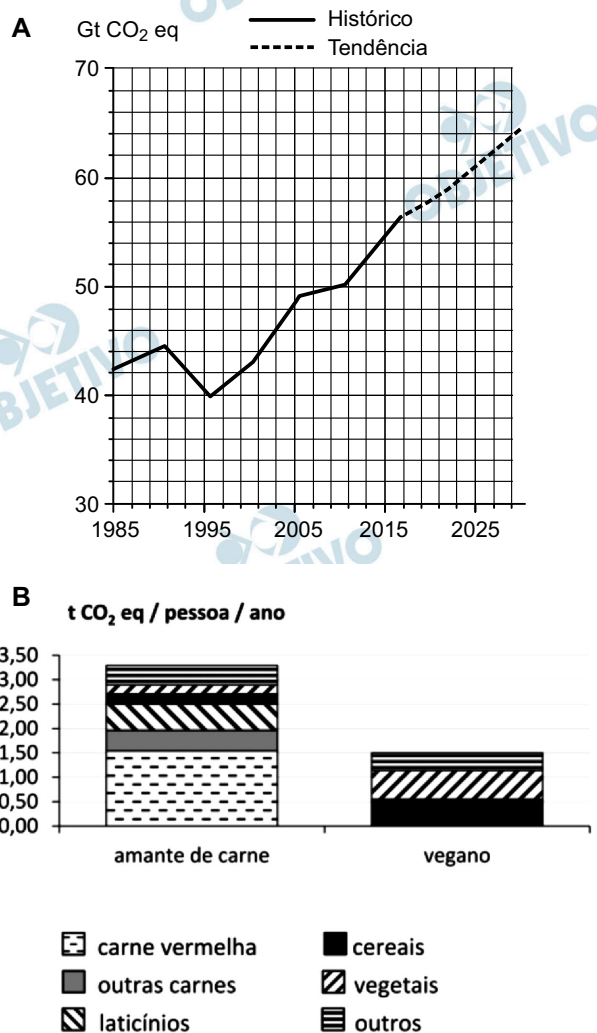
podemos concluir que, pelo Princípio de Le Châtelier, o aumento da acidez do solo (H_3O^+) desloca o equilíbrio para a esquerda, diminuindo a quantidade de NH_3 que seria eliminada do sistema na forma de gás, e, conseqüentemente, ocorrerá menor perda de nitrogênio pela utilização do fertilizante.

2) Influência da temperatura ambiente

Na hidrólise do íon amônio, gás amônia é produzido e escapa do sistema. Quanto maior a temperatura ambiente, mais amônia será produzida (deslocamento do equilíbrio para a direita – reação endotérmica) e nitrogênio será perdido na fertilização do solo pela ureia.

Nota: Pela Lei de Henry, o aumento de temperatura provoca diminuição da solubilidade do gás.

A derrubada de florestas para mineração causa indignação em muitos cidadãos preocupados com a proteção ambiental. Contudo, não se observa o mesmo nível de preocupação em relação à atividade pecuária. A produção de carne é também responsável pelo desmatamento e por cerca de 18% da emissão de gases do efeito estufa. A evolução da emissão total de gás carbônico equivalente da humanidade (em Gt CO₂ eq por ano) é mostrada na figura A. Já a figura B mostra a emissão anual média de gás carbônico equivalente (em t CO₂ eq por pessoa por ano) somente com a alimentação, para duas diferentes dietas.



(Figura A: adaptada de PBL Netherlands Environment Agency. Disponível em www.pbl.nl. Figura B: adaptada de Shrink That Footprint. Disponível em www.shrinkthatfootprint.com. Acessados em 15/10/2017.)

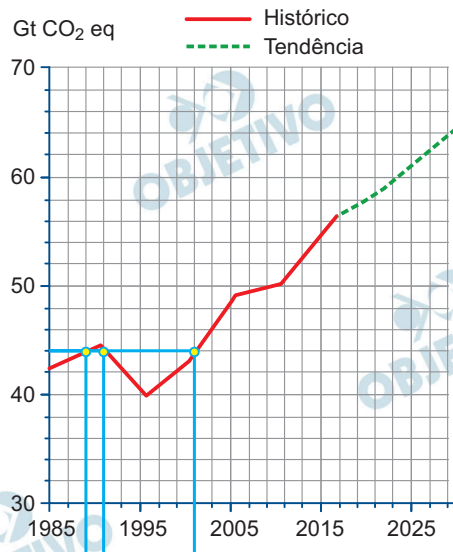
- a) Considerando que toda a população mundial seja “amante de carne”, qual é a porcentagem de emissão de CO₂ equivalente devida somente à alimentação, em relação à emissão total? Mostre os cálculos.

b) Se, em 2018, toda a população da Terra resolvesse adotar uma dieta vegana, a emissão total de gases voltaria ao nível de qual ano? Justifique sua resposta. Considere que toda a população atual seja “amante de carne”.

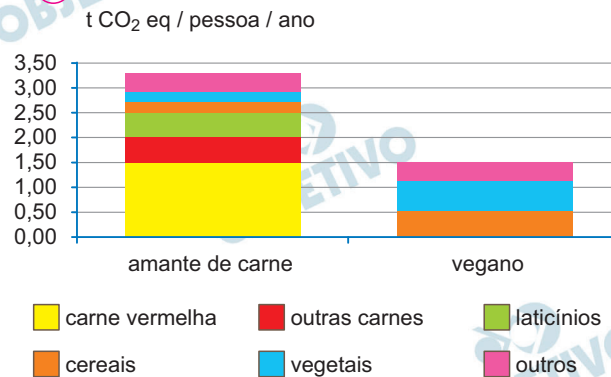
Dados: a população mundial atual é de $7,6 \times 10^9$ habitantes; Giga-toneladas (Gt) = $1,0 \times 10^9$ toneladas.

Resolução

A



B



a) Considerando que a população mundial seja 100% “amante de carne” e que a quantidade de CO_2 para esse grupo vale $3,3 \text{ teq CO}_2/\text{pessoa/ano}$ (vide figura B), temos:

$$\begin{array}{r} 3,3 \text{ teq CO}_2 \text{ ————— } 1 \text{ pessoa} \\ \times \text{ ————— } 7,6 \cdot 10^9 \text{ pessoas} \\ \hline \end{array}$$

$$x \cong 25 \cdot 10^9 \text{ teq CO}_2$$

A quantidade total de CO_2 em 2017 vale $58 \cdot 10^9 \text{ t CO}_2$ (vide figura A); sendo assim, temos:

$$\begin{array}{r} 58 \cdot 10^9 \text{ t CO}_2 \text{ ————— } 100\% \\ 25 \cdot 10^9 \text{ t CO}_2 \text{ ————— } x' \end{array}$$

$$x' \cong 43,1\%$$

b) I) Cálculo da quantidade total de CO_2 para “dieta vegana”.

Considerando que 100% da população mundial adote a “dieta vegana” e que a quantidade de CO_2 para esse grupo vale

1,5 teq CO_2 /pessoa/ano (vide figura B), temos:

$$\begin{array}{l} 1,5 \text{ teq CO}_2 \text{ ————— } 1 \text{ pessoa} \\ y \text{ ————— } 7,6 \cdot 10^9 \text{ pessoas} \end{array}$$

$$y = 11,4 \cdot 10^9 \text{ teq CO}_2$$

II) Cálculo da diferença de CO_2 pela troca da dieta = (quantidade total de CO_2 provinda de “amante de carne”) – (quantidade total de CO_2 provinda de “dieta vegana”):

$$25 \cdot 10^9 \text{ teq CO}_2 - 11,4 \cdot 10^9 \text{ teq CO}_2 =$$

$$= 13,6 \cdot 10^9 \text{ teq CO}_2$$

III) Cálculo da redução de CO_2 atual pela troca de dieta = (quantidade total de CO_2 atual) – (quantidade resultante da diferença de dieta):

$$58 \cdot 10^9 \text{ teq CO}_2 - 13,6 \cdot 10^9 \text{ teq CO}_2 =$$

$$= 44,4 \cdot 10^9 \text{ teq CO}_2$$

IV) Correlação quantidade/ano (figura A):

Por comparação, o nível de CO_2 será equivalente ao dos anos de 1989, 1991 e 2001.