



11ª Olimpíada Internacional Júnior de Ciências

Questões Teóricas

6 de dezembro de 2014



REGRAS DA PROVA

1. Sente-se no lugar designado para você.
2. Antes do início da prova, cheque se todos os materiais fornecidos pela Organização (caneta, régua e calculadora) estão na sua mesa.
3. Não é permitido o uso de qualquer outro material, exceto remédios pessoais ou equipamentos aprovados pela equipe médica.
4. Verifique o Caderno de Questões e o Caderno de Respostas fornecidos. Caso você não possua todas as folhas, levante a mão. Comece a fazer a prova após o sinal.
5. Não é permitida a saída da sala durante a prova, exceto em caso de emergência. Neste caso, você será acompanhado por um supervisor/voluntário/monitor.
6. Não perturbe os outros competidores. Caso necessite de ajuda, levante a mão e espere a chegada de um supervisor.
7. Dúvidas sobre as questões da prova não podem ser discutidas. Você deve permanecer no seu lugar até o final da duração da prova, mesmo que você já a tenha terminado.
8. Ao final da duração da prova, um sinal soar. Não escreva nada na folha de respostas após o sinal de fim de prova. Você deve deixar a sala em silêncio quando solicitado. Os Cadernos de Questões e de Respostas devem ser deixados sobre a sua mesa.



LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES A SEGUIR

1. O tempo disponível é de 3 horas e 30 minutos.
2. Verifique que você possui todo o conjunto de questões e o caderno de respostas. O número total de questões é 3 (28 páginas).
3. Escreva o seu código em cada folha do Caderno de Respostas.
4. Escreva claramente o passo-a-passo da sua resolução no espaço apropriado e escreva a sua resposta final no espaço designado para tal.

Para calcular $4^{-2.5}$, faça o seguinte:

- 1) Pressione a tecla "4"
- 2) Pressione a tecla " y^x " (logo acima da tecla "8")
- 3) Digite o número "2.5"
- 4) Pressione a tecla "+/-" (próxima da tecla "0")



PROBLEMA 1

O rápido aumento da população mundial (atualmente de mais de 6,7 bilhões de pessoas) e os métodos utilizados para extração, transporte, transformação e utilização dos recursos naturais estão fazendo nosso planeta cada vez menos sustentável para os seus habitantes. Durante os últimos anos, mudanças ambientais ganharam muita importância devido a uma série de impactos globais. Embora o nosso mundo sempre tenha sido sujeito a alterações em seus componentes químicos, físicos e biológicos interagindo entre si, as consequências da atividade humana desempenharam, no último século, um papel fundamental nessas mudanças.

Uma equipe de ambientalistas de uma organização não-governamental (ONG) associada ao Ministério do Meio Ambiente, estabeleceu metas para divulgar e avaliar a importância do gênero *Larrea*, uma espécie vegetal amplamente difundida em território argentino. A ONG enfatiza entre suas utilidades:

1. Implantação desses vegetais em áreas degradadas pela atividade humana.
2. Importância social e cultural como uma espécie nativa.
3. Aplicações em cosméticos e medicamentos, entre outros.
4. Uso como compactadores de solo em áreas propensas a desmoronamento.

O gênero *Larrea*, da família Zygophyllaceae (nome popular: "*jarilla*"), habita zonas áridas. Existem quatro espécies na Argentina: *Larrea cuneifolia*, *L. divaricata*, *L. nitida* e *L. ameghinoi*. Suas folhas são revestidas por uma "resina" composta, em sua maior parte, por $C_{18}H_{22}O_4$, chamado ácido nordihidroguaiarético (NDGA, na sigla em inglês). Esta resina contribui para a prevenção de perda de água e apresenta um nível de toxicidade para alguns herbívoros.



Fig. 1: Paisagem típica em Mendoza. Em primeiro plano, um arbusto de *jarilla* com flores (*Larrea sp.*).

1.1. A fim de justificar o uso de *Larrea* como uma espécie nativa para o reflorestamento de áreas degradadas, um grupo de pesquisadores trabalhou em uma área afetada pela mineração. Eles procederam da seguinte forma:

Foram delimitadas duas áreas dentro da região afetada. Uma delas foi reflorestada com *Larrea*, enquanto na outra houve apenas a sucessão ecológica natural. Dez anos depois, foram comparadas amostras dos dois locais.

Uma vez que a espécie *Larrea* modifica as condições locais, favorecendo a colonização de outras espécies, o objetivo deste teste era determinar se a diversidade de espécies observadas na comunidade refletiu esta tendência favorável para colonização.

A diversidade de espécies é uma característica das comunidades biológicas e pode ser medida por:

1. Riqueza de espécies (S): número de diferentes espécies na comunidade.
2. Regularidade ou equidade das espécies: proporção de todos os indivíduos pertencentes a cada uma das espécies (abundância relativa).



Questões Teóricas

O índice de Pielou (J) é um dos índices utilizados para medir a regularidade e é dado pela equação:

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Sendo:

H' é o índice de Shannon-Wiener (valores são mostrados nas Tabelas 1 e 2 a seguir)

$$H'_{\max} = \ln(S)$$

S: riqueza de espécies

Lembre-se de que:

1. Índice de Shannon-Wiener é um dos índices para medir a biodiversidade.
2. Abundância de uma espécie: número total de indivíduos de uma dada espécie.

Questões Teóricas

Os dados obtidos de cada amostra são descritos nas tabelas e gráficos seguintes:

Tabela 1: Espécies, abundância e tipos de Vida na Comunidade reflorestada com *Larrea* (Amostra 1)

Especies	Abundancia	Forma de vida
<i>Acantholippia seriphioides</i>	300	Arbusto
<i>Condalia microphylla</i>	250	Arbusto
<i>Larrea cuneifolia</i>	400	Arbusto
<i>Larrea divaricata</i>	250	Arbusto
<i>Lycium tenuispinosum</i>	250	Arbusto
<i>Montea aphylla</i>	150	Arbusto
<i>Senna aphylla</i>	220	Arbusto
<i>Pyrrhocactus pachacoensis</i>	700	Cactus
<i>Aristida mendocina</i>	220	Gramas
<i>Cottea pappophoroides</i>	210	Gramas
<i>Erodium cicutarium</i>	750	Herbáceo
<i>Fabiana peki</i>	450	Herbáceo
<i>Helenium donanum</i>	650	Herbáceo
<i>Hoffmannseggia eremophila</i>	500	Herbáceo
<i>Prosopis flexuosa</i>	150	Árvore
Índice de Shannon-Wiener (H')	2.57	

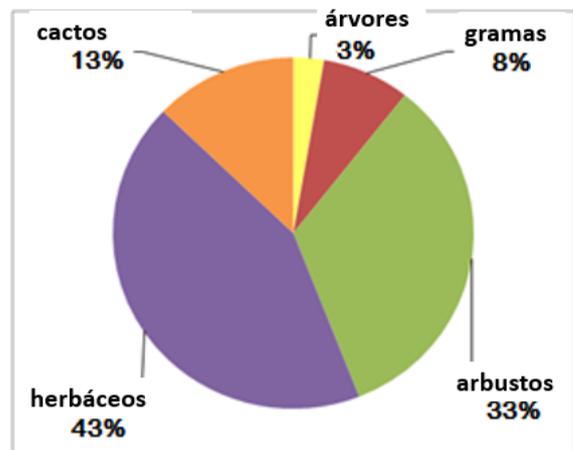


Figura 2: Tipos de vida em porcentagens.

Tabela 2: Espécies, abundância e tipos de vida na Comunidade submetida a sucessão ecológica natural (Amostra 2)

Species	Abundance	Forms of Life
<i>Spartium junceum</i>	80	arbusto
<i>Larrea cuneifolia</i>	200	arbusto
<i>Lycium chilense</i>	70	arbusto
<i>Spartium junceum</i>	50	arbusto
<i>Aristida mendocina</i>	1000	grama
<i>Cottea pappophoroides</i>	250	grama
<i>Stipa sp.</i>	300	grama
<i>Arjona longifolia</i>	70	herbáceo
<i>Buddleja mendozencis</i>	25	herbáceo
<i>Hysterionica jasionoide</i>	30	herbáceo
<i>Junellia aspera</i>	40	herbáceo
<i>Lecanophora heterophylla</i>	55	herbáceo
<i>Oenotera odorata</i>	20	herbáceo
<i>Salsola kali</i>	25	herbáceo
<i>Cercidium praecox</i>	50	árvore
Shannon-Wiener Index (H')	1.95	

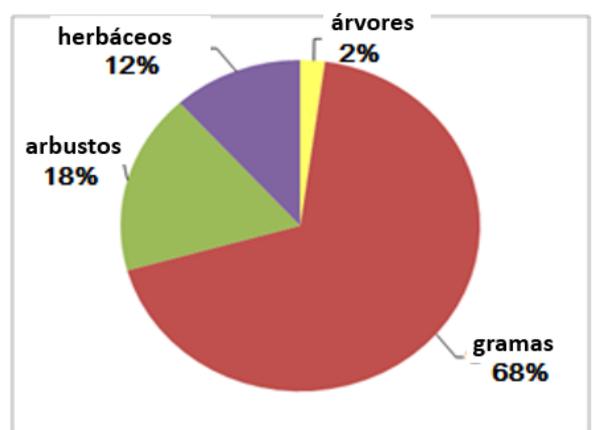


Figura 3: Tipos de vida em porcentagens.

Questões Teóricas

1.1.1. Preencha a Tabela 3 com as informações relacionadas a cada comunidade.

Comunidade	Riqueza de espécies (S)	Número total de indivíduos (N)	Nome da espécie dominante	Abundância da espécie dominante	J
Amostra 1: Comunidade reflorestada com <i>Larrea</i>					
Amostra 2: Comunidade submetida a sucessão ecológica natural					

Tabela 3

1.1.2. Indique qual a comunidade tem uma maior diversidade biológica.

1.1.3. Marque verdadeiro (T, do inglês *true*) ou falso (F, do inglês *false*) de forma adequada para cada explicação mostrada na folha de respostas, a fim de justificar a sua conclusão no item 1.1.2. Note que o código a ser assinalado é referente a palavra em inglês (T - *true* e F - *false*).

A. Depois de dez anos, a comunidade reflorestada com <i>Larrea</i> e a comunidade submetida a sucessão ecológica natural apresentaram uma grande diferença na riqueza de espécies, graças ao efeito facilitador da <i>Larrea spp.</i>	
B. A presença da <i>Larrea</i> na amostra 1 aumentou a abundância de arbustos e de tipos herbáceas. Isto pode indicar que <i>Larrea</i> favorece o desenvolvimento de outras espécies, aumentando a diversidade desta comunidade.	
C. Os efeitos favoráveis estão indicando que a comunidade reflorestada (amostra 1) apresenta menor diversidade de formas de vida do que a comunidade submetida à sucessão ecológica natural (amostra 2).	

Questões Teóricas

1.2. Uma vez que a espécie adequada para o reflorestamento foi determinada, a ONG foi solicitada a reflorestar uma área árida situada no sopé de Mendoza. A Figura 4 mostra a região a ser reflorestada. Calcule as áreas A, B, C e D e calcule a área de superfície total da região. Escreva o resultado final em metros quadrados.

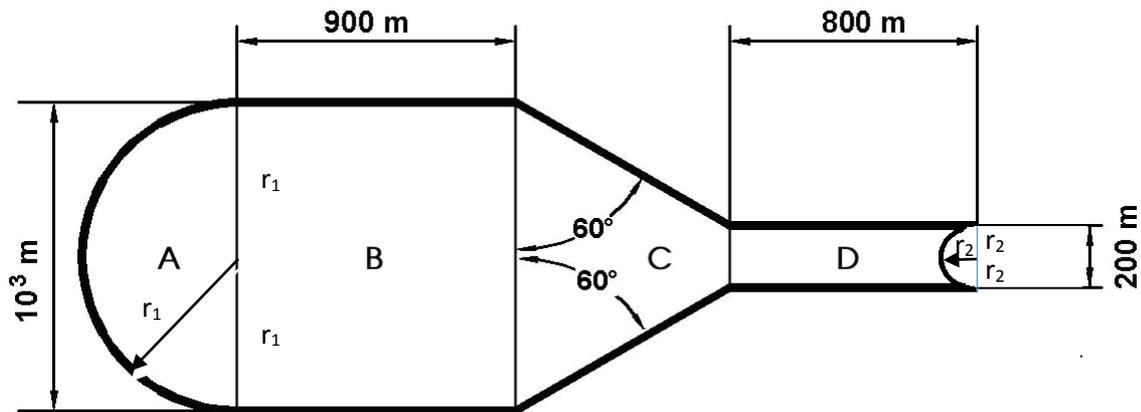


Figura 4: Representação esquemática da região a ser reflorestada.

1.3. Outra dificuldade gerada pela perda de flora natural, principalmente em terrenos com declividade, é o desprendimento e a consequente queda de rochas. A vista lateral de uma encosta em Mendoza é mostrada na Figura 5.

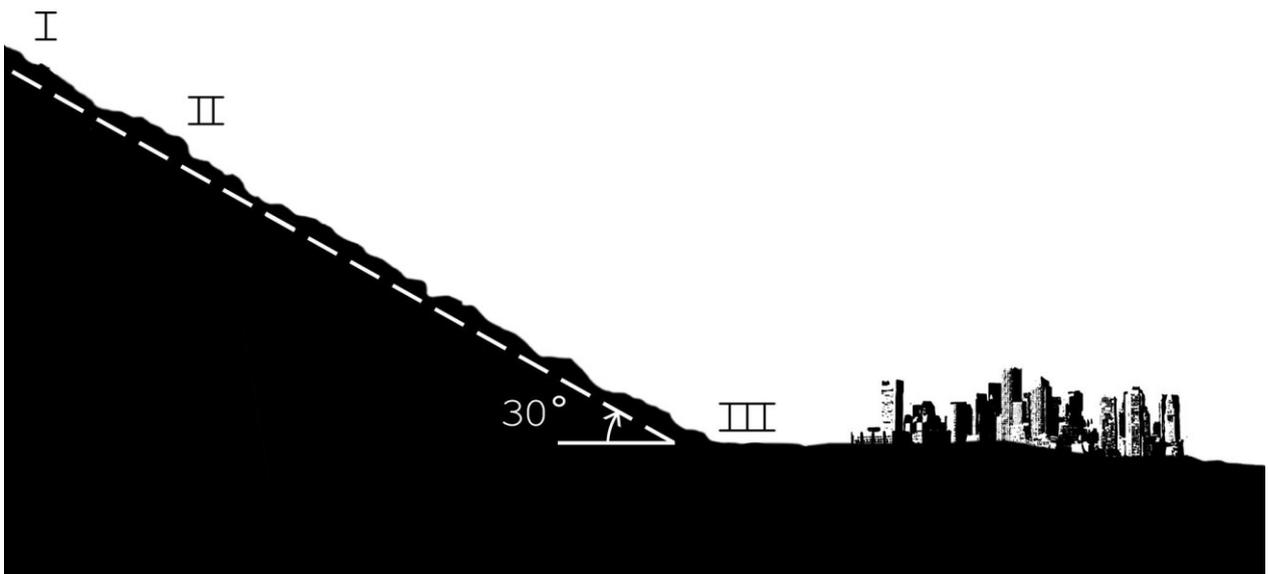


Figura 5: Vista lateral do terreno

Questões Teóricas

1.3.1. Durante as atividades de reflorestamento, um grupo de trabalhadores no ponto I reparou que uma rocha deslizava pela encosta (sem rotacionar), com velocidade de $10,0 \text{ m.s}^{-1}$. A distância do ponto I ao ponto II é de $50,0 \text{ m}$ e o coeficiente de atrito cinético entre a rocha e a superfície neste trecho é $0,46$. Desprezando a resistência do ar e assumindo que a superfície seja lisa, determine a velocidade com que a rocha passa pelo ponto II. (Aceleração da gravidade: $9,81 \text{ m.s}^{-2}$)

1.3.2. A presença de vegetação nas encostas ajuda a evitar o desprendimento de rochas e a bloquear as rochas que se soltam. Suponha que o trecho de $200,0 \text{ m}$ entre os pontos II e III tenha sido reflorestado e que a rocha do exercício 1.3.1 atinja o ponto III com velocidade nula. Determine o coeficiente de atrito cinético, assumindo que ele é constante ao longo deste trecho.

1.4. Para melhorar as condições do solo, pesquisadores realizaram análises químicas no solo degradado e determinaram os valores ótimos que a *Larrea spp.* precisa para o seu desenvolvimento.

Os resultados são mostrados na Tabela 4.

Variáveis	Composição do solo modificado	Composição ótima do solo para <i>Larrea</i>
Matéria orgânica (% m/m)	0,90	3,33
Nitrogênio total (mg.Kg^{-1})	1033,00	1353,00
Fósforo disponível (mg.Kg^{-1})	1,00	8,12
Potássio disponível (mg.Kg^{-1})	1199,00	1444,00
Umidade (% m/m)	10,52	12,97
pH	7,54	7,10

Tabela 4: Composição do solo modificado versus composição ótima do solo para o desenvolvimento da espécie *Larrea*.

Questões Teóricas

Larrea é tolerante a solos modificados no deserto, mas tem baixa tolerância a solos com alta quantidade de fósforo. O solo modificado precisa ser preparado com fertilizante a profundidade de 0,3 m para atingir nível ótimo de nutrientes. A composição de nutrientes por massa no fertilizante sugerido é 30% N, 15% P₂O₅ e 15% K₂O.

(Densidade do solo: $1,63 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$; massa atômica relativa P: 31, O: 16, K: 39, N: 14)

1.4.1. Determine qual ou quais nutrientes você escolheria para usar como referência para determinar a quantidade de fertilizante a ser utilizada.

1.4.2. Calcule quantos quilogramas de fertilizante devem ser adicionados por metro quadrado de terreno. Arredonde o resultado usando 2 casas decimais depois da vírgula.

1.4.3. Determine a concentração de íons hidróxido (OH¹⁻) que resultam na medida de pH do solo modificado mostrada na Tabela 4.

1.4.4. Determine qual dos indicadores de pH mostrados na Tabela 5 você escolheria para determinar qualitativamente o pH do solo degradado. Determine também a cor que este indicador apresentaria. Escreva o indicador e a cor utilizando os códigos em inglês incluídos entre parênteses na Tabela 5.

Indicador	Intervalo de pH	Cor
Alaranjado de metila (MO)	3,1 – 4,4	Vermelho (R) – Amarelo (Y)
Azul de bromotimol (BB)	6,2 – 7,5	Amarelo (Y) – Azul (B)
Vermelho de metila (MR)	4,2 – 6,2	Vermelho (R) – Amarelo (Y)
Púrpura de metacresol (MP)	7,8 – 9,2	Amarelo (Y) – Roxo (P)
Fenolftaleína (PP)	8,3 – 10,0	Incolor (C) –Violeta (V)

Tabela 5: Relação entre indicador, intervalo de pH e cor.

1.4.5. O pH do solo pode ser maior em regiões com altas concentrações do sal solúvel Na₂CO₃ (carbonato de sódio) e baixo índice de precipitação. Isto se deve à reação de hidrólise entre o íon carbonato e H₂O (água).

Escreva a reação química balanceada para a reação de ionização total do Na₂CO₃ na água.

1.4.6. Escreva a equação de hidrólise iônica balanceada que justifica a elevação de pH no solo, devido ao íon carbonato.

Questões Teóricas

1.5. *Larrea* tem diversas aplicações para a população local, incluindo o uso de *Larrea cuneifolia* como uma bússola, com base na posição do Sol. Esta planta se posiciona de modo a capturar a luz solar de manhã e à tarde, mas evita o Sol do meio-dia, reduzindo a transpiração. A Figura 6 mostra quatro ilustrações de folhas de *Larrea*, cada uma delas seguindo uma orientação diferente.

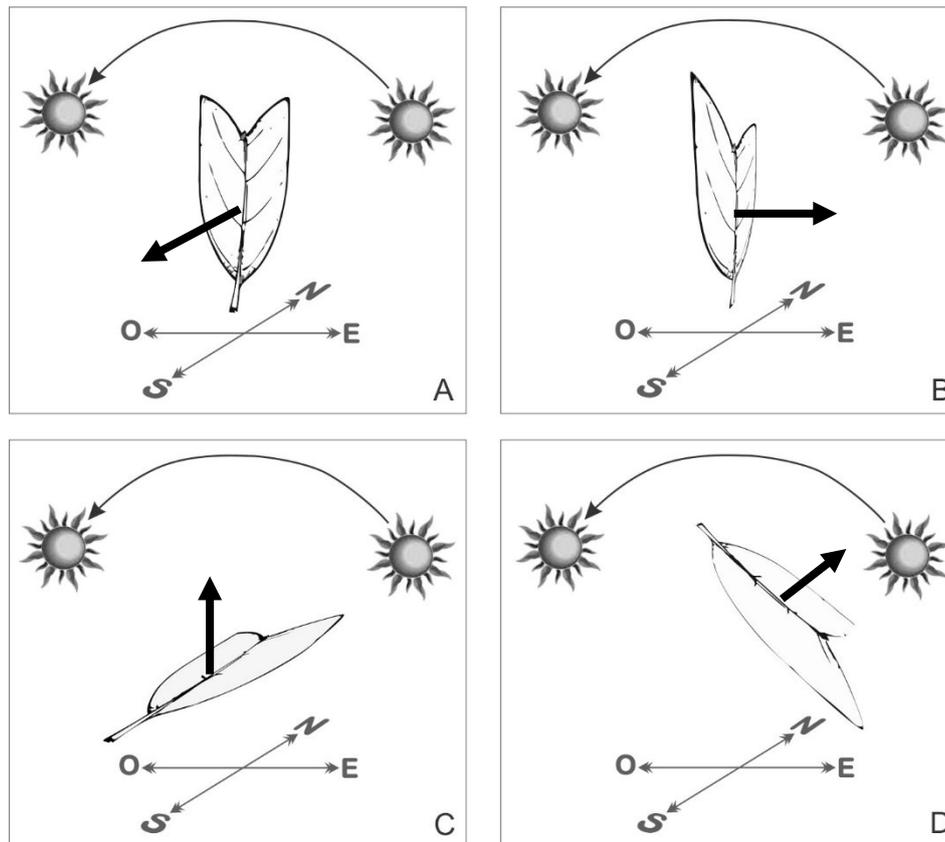


Figura 6: Folhas de *Larrea cuneifolia* em diferentes orientações. As flechas indicam a direção normal da superfície superior da folha.

1.5.1. Indique qual ilustração melhor expressa a descrição dada em 1.5.

1.5.2. Selecione entre as opções a seguir a afirmativa que indica a razão para a sua resposta em 1.5.1:

- a) O comprimento de onda da luz emitida pelo Sol é diferente em diferentes períodos do dia
- b) A frequência da luz emitida pelo Sol é diferente em diferentes períodos do dia
- c) A superfície da folha exposta perpendicularmente à radiação solar em diferentes períodos do dia
- d) A temperatura ambiente é diferente em diferentes períodos do dia

Questões Teóricas

1.6. O ácido nordihidroguaiarético (NDGA), $C_{18}H_{22}O_4$, presente na resina das folhas de *Larrea*, tem muitos usos nas indústrias cosmética e médica, devido às suas propriedades como antioxidante, anticancerígeno e antiviral.

Um método para identificar este ácido é baseado na sua reação com molibdato de amônio tetraidratado $((NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O)$ para produzir um complexo alaranjado. A absorvância de um raio de luz incidente de determinado comprimento de onda é medido após atravessar uma amostra da solução colorida num recipiente transparente, conforme mostrado na Figura 7. A absorvância vai ser diretamente dependente da concentração do complexo colorido presente na solução, a qual absorve radiação de um comprimento de onda específico.

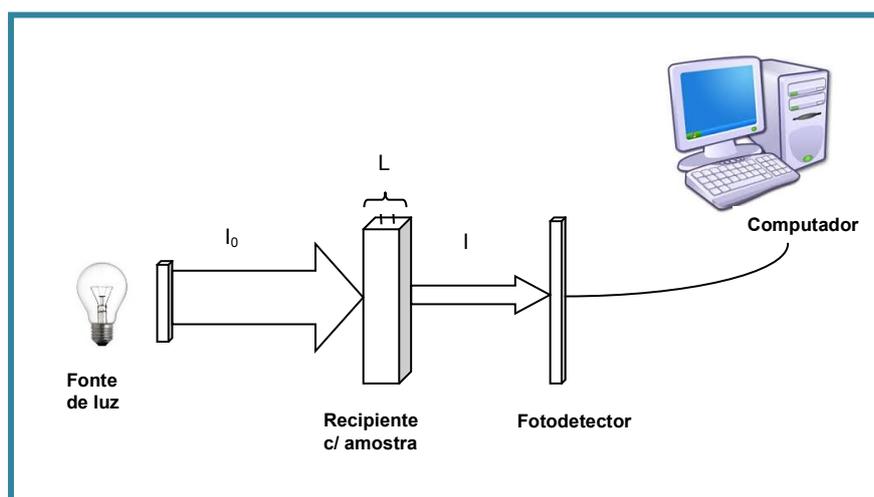


Figura 7: Esquema de montagem para medida de absorvância

No processo de extração de NDGA das folhas de *Larrea sp.*, outras substâncias são extraídas ao mesmo tempo. Tais substâncias interferem na determinação quantitativa do NDGA. Uma vez que elas têm alguns grupos funcionais em comum com NDGA, elas reagem com molibdato de amônio produzindo um complexo colorido.

Extratos de álcool foram obtidos a partir de folhas de *L. divaricata* e *L. cuneifolia*. Medidas de absorvância foram realizadas nestes extratos com diferentes comprimentos de onda, utilizando o método do molibdato de amônio. Os resultados são mostrados na Tabela 6.

Comprimento de onda (nm)	400	450	500	550	600	650
Absorbância média de outras substâncias nos extratos	0,82	0,33	0,15	0,07	0,05	0
Absorbância de NDGA em <i>L. divaricata</i>	1	0,84	0,53	0,22	0,09	0,03
Absorbância de NDGA em <i>L. cuneifolia</i>	0,99	0,81	0,46	0,20	0,06	0,04

Tabela 6: Absorbância de NDGA e outras substâncias em *L. divaricata* e *L. cuneifolia*, e seus comprimentos de onda correspondentes.

1.6.1. Desenhe um gráfico cartesiano de linhas comparativas para a absorbância em função do comprimento de onda para as três amostras, com base na Tabela 6. Utilize diferentes cores para cada tipo de linha de absorbância.

1.6.2. Utilizando as informações fornecidas pela Tabela 6, indique o comprimento de onda necessário para a melhor distinção possível entre NDGA e outras substâncias.

A relação entre a absorbância e a concentração da substância enfocada é dada pela seguinte expressão:

$$A = C \varepsilon L$$

onde A é a absorbância da amostra (adimensional); C é a concentração da substância (M); L é o comprimento do caminho óptico (veja Figura 7); ε é o coeficiente de absorbtividade molar, que depende da substância analisada, o comprimento de onda enfocada e as condições experimentais ($M^{-1}.cm^{-1}$).

Um químico obteve dois extratos, sendo um de folhas de *L. divaricata* e outra de *L. cuneifolia*, mas esqueceu de etiquetá-los. Ele decidiu colocá-los em dois recipientes (etiquetados como A e B) e medir a absorbância de cada amostra a 500nm usando um recipiente de caminho ótico de 1 cm.

Considerando $\varepsilon = 8920 M^{-1}.cm^{-1}$ e a massa molar de NDGA de $302 g.mol^{-1}$, a absorbância para o extrato A foi de 0,47, enquanto que a absorbância da amostra B foi 0,52.

1.6.3. Calcule a concentração do NDGA ($mg.L^{-1}$) para cada extrato. Considere que o extrato foi purificado de outras substâncias.



Questões Teóricas

1.6.4. Utilizando as informações na Tabela 6 e os valores para cada absorbância, indique a espécie correspondente a cada extrato.

1.6.5. Uma solução aquosa de 500 mL a 0,2% m/v de NDGA é preparada com folhas de *L. divaricata*. Sabe-se que folhas secas de *L. divaricata* contêm 7% m/m de NDGA. Determine a massa de folhas recém-extraídas de *L. divaricata* necessária, considerando que a massa destas folhas tem um teor de umidade de 8% m/m (densidade da água a 20°C é 1 g.cm⁻³).



PROBLEMA 2

A mudança do clima é entendida como uma mudança de longo prazo nas condições meteorológicas médias, causada pela natureza e/ou pela atividade humana. Trata-se de uma questão ambiental de grande preocupação no mundo atual.

Alguns dos tópicos relacionados à mudança climática que causam preocupação à comunidade científica incluem:

- a. Chuva ácida que afeta a reserva de água natural do planeta e gera conflitos na distribuição de água para a população.*
- b. Derretimento das geleiras como uma consequência direta do aumento da temperatura no planeta.*

O aumento da concentração de certos gases na atmosfera, como os chamados gases estufa (GE), entre os quais dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e dióxido de nitrogênio (NO₂), é resultado da atividade humana com o uso de combustíveis fósseis, agricultura intensiva e alteração do solo. O acúmulo destes gases produziu um aumento na temperatura média da superfície do planeta conhecido como "Aquecimento Global". Uma outra consequência da maior concentração dos GE junto com o dióxido de enxofre (SO₂), é a formação de um tipo de precipitação conhecida como chuva ácida, que também é produzida naturalmente pelas erupções vulcânicas e fontes termais. Os efeitos danosos do baixo pH aos ecossistemas aquáticos são imediatos, além da deterioração de materiais de construção, esculturas e monumentos de pedra. Além disso, a chuva ácida dissolve metais como chumbo (Pb) e cobre (Cu) presentes em canos de água. Por outro lado, a chuva ácida pode ter alguns benefícios. Dióxido de enxofre é convertido em sulfato finamente dividido na atmosfera, o que aumenta a reflexão da radiação solar. Com isso, o aquecimento global tende a ser limitado, visto que é reduzida a produção natural de metano (um GE importante) pelos micróbios em áreas alagadas. Consequentemente, trata-se de um aspecto que tende a esfriar a superfície do planeta.

2.1. A precipitação normal tem um pH médio de aproximadamente 5,65 devido à presença do CO₂, que, junto com a umidade atmosférica, forma ácido carbônico (H₂CO₃). Se o valor do pH é menor que 5, denomina-se chuva ácida, em alguns casos atingindo valores menores do que 3. Os constituintes tóxicos da chuva ácida são SO₂ e o monóxido de nitrogênio (NO), produzidos na combustão de carbono e hidrocarbonetos. Durante uma série de reações, SO₂ e NO se transformam em trióxido de enxofre (SO₃) e dióxido de nitrogênio (NO₂), respectivamente, que, combinados com a água da atmosfera, formam os ácidos responsáveis pelo baixo pH.



Questões Teóricas

2.1.1. Escreva as reações químicas necessárias para obter os ácidos derivados do SO_3 e CO_2 quando combinados com a água.

2.1.2. A reação de formação do ácido nítrico (não-balanceada) na chuva ácida é:



Encontre as semirreações e a equação balanceada.

2.2. Reações químicas indesejadas, como a dissolução do hidróxido de alumínio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) presente no solo, que ocorre com o pH menor que 4, são facilitadas com consequências severas para peixes, anfíbios e insetos devido a toxicidade do alumínio. A acidez da água causa complicações sérias para os vertebrados com exoesqueleto, composto por carbonato de cálcio (CaCO_3) na forma de calcita, já que este mineral é dissolvido nestas condições.

Os habitantes de uma cidade localizada nos Andes detectaram uma perturbação no ecossistema de um lago e de seus arredores em um raio de poucos quilômetros. As alterações se manifestaram claramente na deterioração da flora e da fauna, onde um grande número de peixes e anfíbios foram encontrados mortos. Com o objetivo de determinar a causa do problema e chegar a uma solução, pesquisadores começaram a analisar uma amostra da água. Foi concluído que a mortalidade de peixes era devida ao envenenamento por alumínio.

2.2.1. Determine a solubilidade em mols por litro do hidróxido de alumínio $\text{Al}(\text{OH})_3$ na água do lago, que apresenta pH de 5,2, sabendo que o K_{ps} (produto de solubilidade) vale 5×10^{-33} .

2.3. A rede de distribuição de água na cidade mencionada acima é representada na Figura 8, onde V_1 - V_{11} são os pontos de distribuição, e V_1 é o receptor principal conectado a planta de água.

No passado, os tubos de água eram feitos de chumbo. Com o tempo, eles se degradaram e isto causou intoxicação e saturnismo (envenenamento por chumbo) nas pessoas devido à presença deste metal pesado na água.

Os tubos de água antigos devem ser substituídos por outros feitos de policloreto de vinila (PVC). Para evitar os custos de conexões desnecessárias, o atual número de conexões deve ser reduzido.

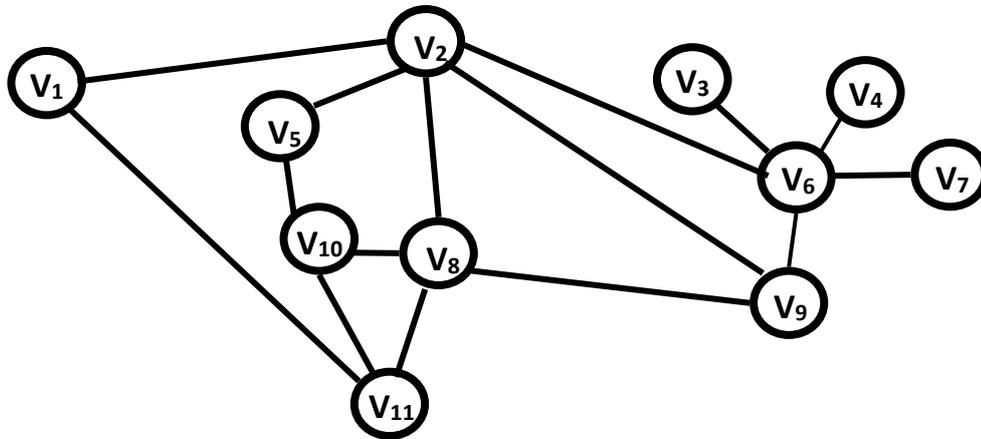


Figura 8: Rede de distribuição de água

2.3.1. Determine o número máximo de tubos que podem ser removidos sem interrupção do fornecimento de água em nenhum ponto de distribuição.

2.4. O chumbo se acumula no corpo e normalmente afeta o fígado, os rins e o sistema nervoso. Sua ingestão excessiva afeta o sistema neurológico, resultando em retardamento mental, baixa taxa de crescimento e distúrbio em atividades rotineiras. Até pequenas taxas de absorção de chumbo podem resultar em danos no sistema nervoso central das crianças e fetos.

O teor de chumbo no sangue é considerado tóxico a partir de 0,038 mg/100 ml para um adulto e a partir de 0,005 mg/100 ml para uma criança. As concentrações de chumbo obtidas a partir das análises de sangue de 5 adultos (amostra 1) e 5 crianças (amostra 2) da cidade em questão estão indicadas na Tabela 7 a seguir.

Amostra	Concentração de chumbo no sangue (mg/100 ml)				
1. Adultos	0,057	0,020	0,087	0,060	0,065
2. Crianças	0,004	0,010	0,009	0,008	0,007

Tabela 7: Concentração de chumbo no sangue (mg/100 ml) em adultos e crianças.

2.4.1. Compute o valor médio de chumbo no sangue para cada amostra. Indique, caso exista, qual ou quais deles apresentam um teor de chumbo considerado tóxico, escrevendo A para adultos, C para crianças e B para ambos.

2.5. A vida na Terra é possível graças à energia que ela recebe do Sol e pela presença dos gases estufas, que absorvem a radiação infra-vermelha emitida pela superfície do Terra. Parte desta radiação absorvida é reemitida para as camadas superiores da atmosfera, enquanto que outra parte é reemitida para a superfície da Terra aumentando a sua temperatura média.

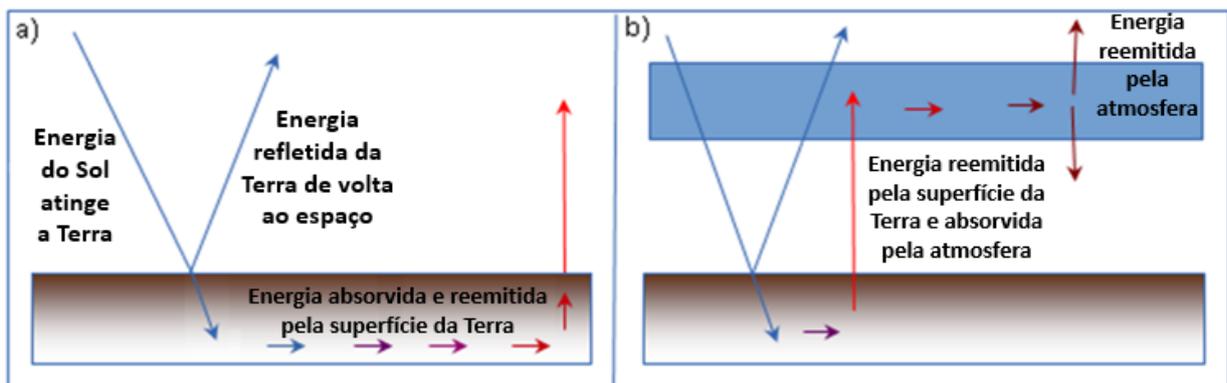


Figura 9. a) sem atmosfera b) com atmosfera

A superfície do Sol irradia energia como um corpo negro a uma temperatura de 5500°C. Um corpo negro é um objeto que absorve toda a energia da radiação incidente. Parte desta energia atinge o topo da atmosfera da Terra com uma intensidade de entrada média de aproximadamente 341W.m⁻² sobre toda a superfície da atmosfera. Trinta por cento (30%) desta intensidade é refletida de volta para o espaço e o resto é absorvido pela superfície da Terra, que a reemite com maior comprimento de onda (radiação infravermelha).

2.5.1. Calcule a temperatura de equilíbrio da Terra sem a absorção da atmosfera (Figura 9a). Exprese os resultados em K e °C.

A intensidade I (W.m⁻²) irradiada por um corpo negro segue a Lei de Stefan-Boltzmann:

$$I = \sigma T^4, \text{ onde } \sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$

Assuma que a Terra irradia energia como um corpo negro.

2.5.2. A atmosfera é transparente para a maioria das radiações de alta frequência que vem do Sol, mas não o é para as radiações de baixas frequências (parte infravermelha do espectro magnético), como aquelas reemitidas pela superfície da Terra. Isto se deve principalmente à presença dos gases estufa na atmosfera.

Questões Teóricas

Encontre a temperatura de equilíbrio da Terra com a atmosfera (Figura 9b), assumindo que a atmosfera absorve toda a radiação emitida pela superfície e a reemite de volta para a Terra e para o espaço na mesma proporção. Comece com o balanço de energia para a superfície da Terra e para a atmosfera.

Sugestão:

Assuma que a atmosfera somente absorve energia da superfície da Terra e que ambos emitem energia como um corpo negro.

2.6. Uma das teorias relacionadas à mudança climática afirma que o planeta está aquecendo devido ao Efeito Estufa e que isto está causando o derretimento das geleiras.



Figura 10: Geleira Perito Moreno, Santa Cruz, Argentina

2.6.1. Neste contexto, calcule a mínima quantidade de energia necessária para derreter completamente um bloco de gelo com 10000 kg, inicialmente a -10°C .

Constantes Termodinâmicas:

Calor específico do gelo: $c = 2,093 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Calor latente de fusão do gelo: $l = 333,7 \text{ J}\cdot\text{g}^{-1}$

PROBLEMA 3

A fisiologia dos esportes estuda as respostas e adaptações do corpo humano aos esforços físicos. Estas respostas e adaptações dependem de muitos fatores, tais como intensidade, duração ou frequência destas atividades. Outros fatores que também devem ser levados em conta são dieta, condições do ambiente e fatores genéticos de cada indivíduo.

Uma jovem de 13 anos que aprecia atividades físicas tem treinado por vários meses para uma competição de atletismo. Hoje ela acordou cedo e tomou seu café da manhã, composto por um copo de leite, uma fatia de torrada e uma banana.

3.1. A digestão de carboidrato consiste no catabolismo de moléculas maiores que são transformadas em moléculas mais simples. Enzimas presentes no corpo humano catalizam esta transformação.

3.1.1. Baseado nas informações mostradas nas tabelas A e B, marque com um (X) na tabela A a estrutura secretora que produz a enzima envolvida na digestão do amido presente em uma fatia de torrada. Em seguida, use o número correspondente dado para a enzima na tabela B para relacionar a enzima com a estrutura em que ela é produzida.

Dica: Uma mesma enzima pode ser produzida por mais de uma estrutura.

Tabela A		
ESTRUTURA	ESTRUTURA SECRETORA ENVOLVIDA NA DIGESTÃO DO AMIDO	ENZIMA
Fígado		
Estômago		
Glândulas salivares		
Intestino grosso		
Duodeno		
Esôfago		
Intestino delgado		

Tabela B	
1	Fosfolipase
2	Maltase
3	Amilase
4	Lipase
5	Glucosidase
6	Sucrase

Questões Teóricas

3.1.2. No café da manhã, ela também ingeriu carboidratos provenientes do leite e das frutas que no processo digestivo serão separados em açúcares mais simples devido a ação de enzimas específicas.

Complete a tabela C (indicada na folha de respostas), a qual mostra reações enzimáticas. Escreva a letra correspondente à enzima no quadradinho verde e o número correspondente aos produtos no quadradinho azul (cada número pode ser usado mais do que uma vez).

ENZIMAS		PRODUTOS	
A	Creatina kinase	1	Maltose
B	Amilase	2	Glucose
C	Lactase	3	Frutose
D	Glucosidase	4	Lactose
E	Sucrase	5	Galactose
F	Maltase	6	Sacarose (sucrose)

Tabela C	
amido	<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid green; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> □ </div> → <div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid blue; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> □ </div> </div> </div>
maltose	<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid green; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> □ </div> → <div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid blue; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> □ </div> + <div style="border: 1px solid blue; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> □ </div> </div> </div>
lactose	<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid green; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> □ </div> → <div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid blue; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> □ </div> + <div style="border: 1px solid blue; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> □ </div> </div> </div>
sacarose (sucrose)	<div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid green; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> □ </div> → <div style="display: flex; align-items: center; gap: 10px;"> <div style="border: 1px solid blue; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> □ </div> + <div style="border: 1px solid blue; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> □ </div> </div> </div>

Questões Teóricas

Após o café da manhã, a atleta vai para o campo de esportes para sua rotina diária de exercícios. Se analisarmos em detalhe o movimento da atleta e os processos envolvidos na musculatura, podemos dizer:

3.2. “A musculatura e o sistema esquelético formam o sistema músculo-esquelético, o qual é responsável pelo movimento do corpo humano. O mecanismo da contração muscular pode ser explicado por uma sequência ordenada de processos”.

3.2.1 A tabela D descreve o processo de contração muscular. Complete a tabela E (indicada no Caderno de Respostas), indicando a letra correspondente ao processo, na ordem em que ele ocorre.

Tabela D: Processos de contração muscular
A. ATP é hidrolizada para ADP + Pi (fósforo inorgânico) e a cabeça da miosina é separada do sítio ativo.
B. Acetilcolina atua em uma área local do sarcolema para abrir múltiplos canais de proteína na membrana. Isto permite a entrada de uma grande quantidade de íon sódio através do sarcolema, o que inicia o potencial de ação na fibra muscular.
C. O potencial de ação despolariza o sarcolema. Ocorre a liberação de íons Ca^{++} a partir do retículo sarcoplasmático.
D. Íons Ca^{++} são bombeados de volta para o retículo sarcoplasmático, onde eles permanecem até a chegada de um novo potencial de ação no músculo.
E. Um potencial de ação alcança a junção neuromuscular (sinapse) de um neurônio motor e um músculo. A acetilcolina é liberada do terminal axônico.
F. Íons Ca^{++} iniciam as forças atrativas entre a actina e a miosina. Filamentos de miosina e actina são arranjados próximos uns aos outros dentro do sarcômero, de tal maneira que eles possam interagir de modo organizado, resultando na contração muscular. Durante a contração, as cabeças de miosina se associam à actina e puxam os filamentos em direção ao centro.

Tabela E	
ORDEM	LETRA CORRESPONDENTE
1	
2	
3	
4	
5	
6	

3.2.2 A Figura 11 representa a contração muscular. Escreva a letra correspondente a cada um dos processos nos quadradinhos correspondentes.

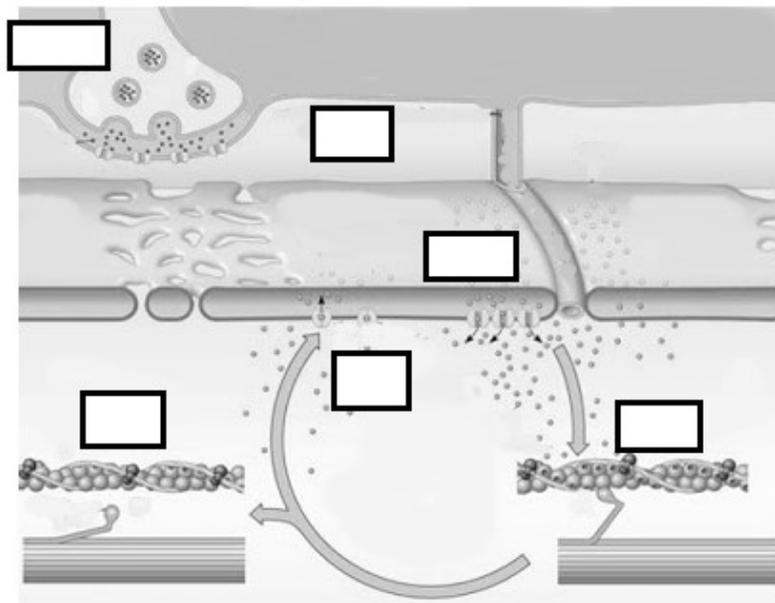


Figura 11: Representação da contração muscular.



Questões Teóricas

A contração do músculo esquelético envolve o encurtamento de múltiplos sarcômeros simultaneamente. Isto significa que o deslizamento do filamento de actina sobre o de miosina faz com que eles trabalhem como um motor. Para que este processo ocorra são necessárias forças mecânicas e energia. As forças são geradas pela interação entre os filamentos e a energia provem da hidrólise do ATP formando ADP + Pi.

3.3 Como parte de seu treinamento diário, a atleta também realiza uma rotina de levantamento de peso com a finalidade de fortalecer seus músculos.

3.3.1. A força máxima típica de um “motor” de miosina-actina, como os encontrados nos músculos, é de $5,0 \times 10^{-12}$ N. Calcule a quantidade mínima de “motores” que um músculo deveria utilizar para levantar uma massa de 50 kg. (Aceleração da gravidade: $9,81 \text{ m.s}^{-2}$)

3.3.2. Esses motores consomem ATP. A força típica exercida por um motor de miosina é de 5×10^{-12} N e a velocidade típica é de aproximadamente $11 \times 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$. Calcule a potência desenvolvida pelo motor de miosina em J.s^{-1} .

3.4. Diferentes alimentos fornecem diferentes quantidades de energi, para o organismo desempenhar suas funções. A equação de combustão da glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) é uma das mais frequentemente utilizadas para descrever este processo.

3.4.1. Se o alimento ingerido no café da manhã pela atleta é equivalente a 90g de glicose, calcule a massa de dióxido de carbono (CO_2) produzida como resultado da combustão completa desta quantidade de glicose. (Massa atômica relativa: C = 12; O = 16; H = 1)

3.4.2. Calcule o número de átomos de oxigênio em 90g de glicose.

3.5. Agora a atleta decide fazer um pequeno teste de velocidade, primeiramente em linha reta e depois em movimento circular.

3.5.1. Durante o percurso em linha reta, sua velocidade obedece o gráfico conforme exibido na figura a seguir. Encontre a aceleração instantânea da atleta nos pontos A, B e C.

Questões Teóricas

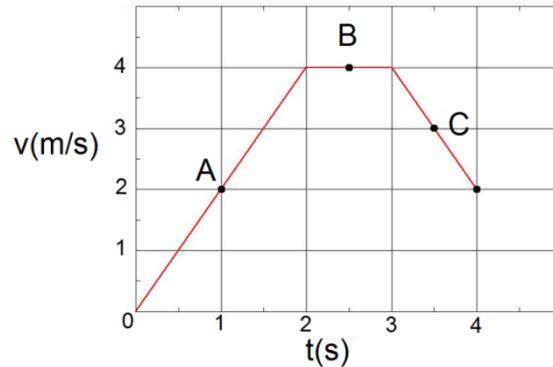


Figura 12: Velocidade versus tempo

3.5.2. Calcule a distância que ela percorre nos dois primeiros segundos da corrida.

3.5.3. O percurso circular começa no instante $t = 4s$, com a velocidade indicada pelo gráfico da Figura 12. A força de atrito limitante entre o tênis e o solo não permite que a atleta tenha uma aceleração centrípeta maior do que $3,0 \text{ ms}^{-2}$. Calcule o raio mínimo de seu percurso circular. Considere uma velocidade constante ao longo de todo o percurso.

3.6. Antes de começar com suas atividades físicas, a atleta foi submetida a um check-up médico. A medida da pressão e do volume de diferentes partes do coração em função do tempo, tal como um eletrocardiograma e um fonocardiograma, estão ilustrados na Figura 13.

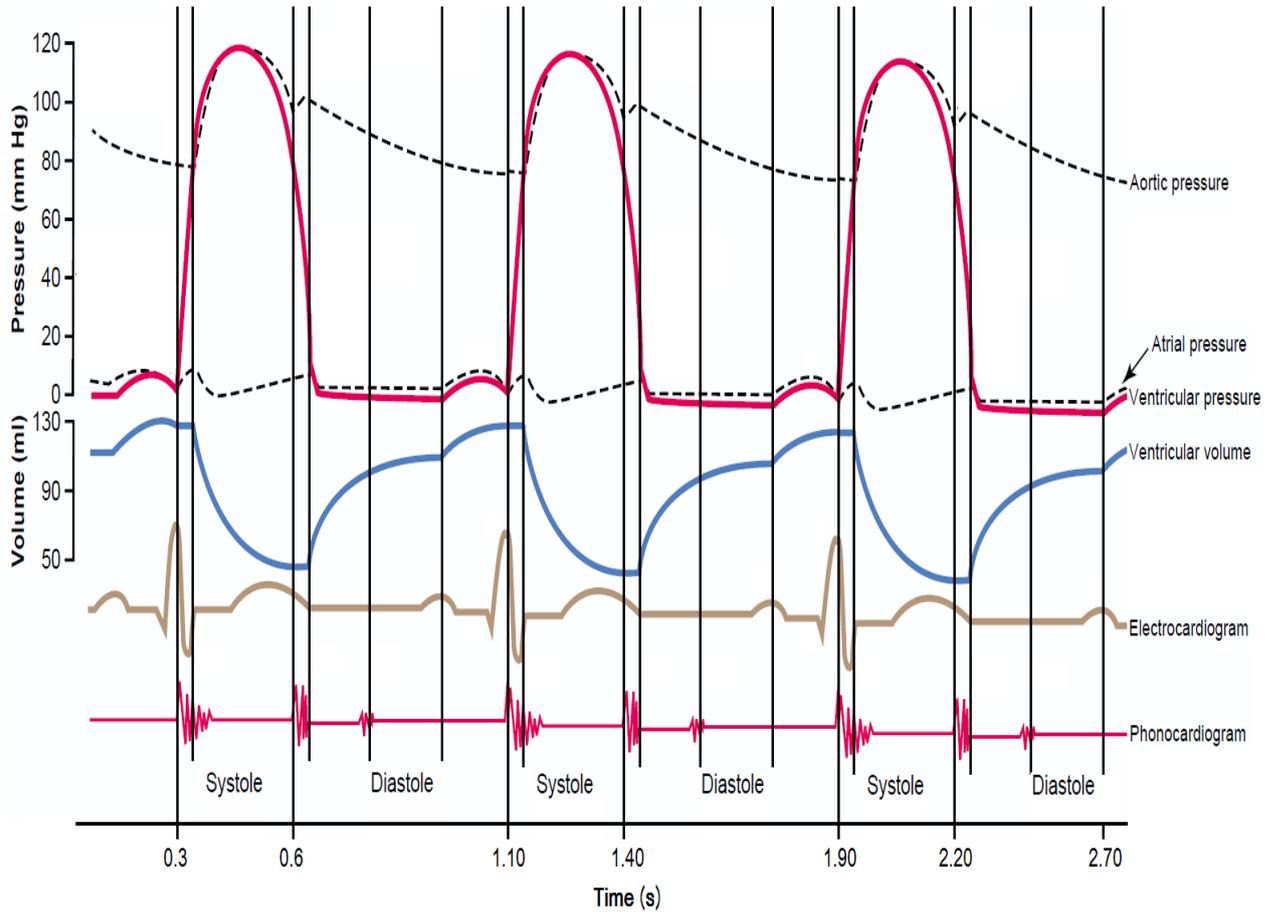


Figura 13: Vários eventos ocorrendo durante três ciclos cardíacos, para diferentes partes do coração.

- 3.6.1. Utilizando as informações contidas no gráfico, compute o período de tempo de um ciclo cardíaco (em segundos).
- 3.6.2. Calcule a correspondente frequência cardíaca (em ciclos cardíacos por minuto).
- 3.6.3. Escreva em quais intervalos de tempo o volume ventricular diminui, considerando que os intervalos em que o volume permanece constante duram 0,05s.
- 3.6.4. Escreva o máximo valor observado para a pressão ventricular.

Questões Teóricas

3.7. Após a atividade física, a atleta sentiu-se excessivamente agitada; decidiu, então, solicitar que alguém tomasse seu pulso. Naquele momento ninguém dispunha de um relógio, mas um estudante de física disse que poderia fazê-lo, improvisando um pêndulo simples e fazendo-o oscilar em torno de sua posição de equilíbrio (Figura 14). Em 15 ciclos completos do pêndulo, o estudante mediu 20 batimentos e encontrou que a frequência cardíaca da atleta era duas vezes aquela encontrada antes dos exercícios (frequência calculada no item 3.6.2).

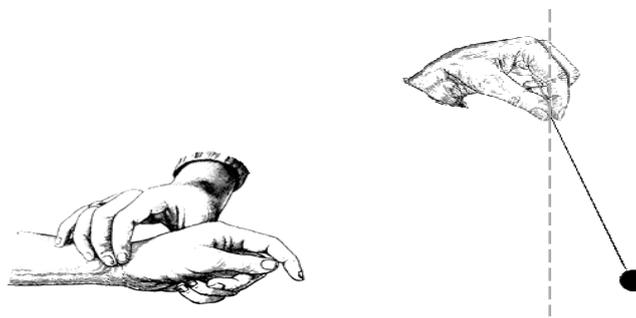


Figura 14: Medida do pulso utilizando-se o pêndulo simples.

3.7.1. Calcule o comprimento do pêndulo utilizado pelo estudante, considerando que o período de um pêndulo simples é dado por:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Onde:

L é o comprimento do pêndulo

$$g = 9,81\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$$