IJSO

14th INTERNATIONAL JUNIOR SCIENCE OLYMPIAD

THE NETHERLANDS 2017

Água e sustentabilidade

Prova Teórica

7 de dezembro de 2017

Leia com cuidado as “REGRAS DA PROVA” e
as “INSTRUÇÕES PARA A PROVA”

QUADRAAM GELDERSE ONDERWIJS GROEP

Radboud Universiteit

IN·DEI·NOMINE·FELICITER

slo

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen

REGRAS DA PROVA

1. NÃO é permitido o uso de qualquer outro material, exceto uma garrafa de água, remédios pessoais ou equipamentos médicos aprovados.

2. Sente-se no lugar designado para você.

3. Verifique os materiais fornecidos pela organização (caneta, calculadora, régua e rascunho).

4. NÃO comece a responder às questões antes do sinal de início da prova.

5. NÃO é permitida a saída da sala durante a prova, exceto em caso de emergência. Neste caso, você será acompanhado por um supervisor.

6. Se você precisar ir ao banheiro, por favor levante a mão.

7. NÃO perturbe os outros competidores. Caso necessite de ajuda, levante a mão e espere a chegada de um supervisor.

8. Dúvidas sobre as questões da prova NÃO podem ser discutidas. Você deve permanecer no seu lugar até o final da prova, mesmo que você já a tenha terminado.

9. Ao final da prova, você ouvirá um sinal de "FIM". NÃO escreva nada na Folha de Respostas após este sinal. Deixe a prova, a Folha de Respostas e os materiais fornecidos (caneta, calculadora e rascunho) organizados na sua mesa. NÃO deixe a sala antes de todas as Folhas de Respostas serem coletadas.

INSTRUÇÕES PARA A PROVA

1. Após o sinal de início, você terá 3 horas para completar a prova.

2. Utilize APENAS a caneta e o lápis fornecidos pela organização.

3. Verifique se seu nome, código e país estão no Caderno de Respostas e assine todas as páginas do Caderno de Respostas. Levante a mão se você não tiver o Caderno de Respostas.

4. Você deve ter **18** páginas de Caderno de Respostas – incluindo a capa. Levante a mão se estiver faltando alguma folha.

5. Leia com cuidado os problemas e escreva as respostas corretas nos espaços correspondentes do Caderno de Respostas.

6. Apenas o Caderno de Respostas será avaliado. Antes de escrever suas respostas no Caderno de Respostas, você pode usar o rascunho fornecido para evitar erros no Caderno de Respostas.

7. A pontuação máxima para cada questão está indicada no início do respectivo enunciado.

8. O número total de questões é 27. Verifique se você tem um conjunto completo de folhas de questões (13 páginas, da página 6 até a página 18) logo após o sinal de início de prova. Levante a mão se estiver faltando alguma folha.

9. Informações úteis para responder às questões (massas atômicas, constantes e fórmulas) são fornecidas na página 4.

10. Sempre mostre seus cálculos. Se você não mostrar os seus cálculos, nenhuma pontuação será atribuída à questão.

11. Você deve escrever suas respostas finais com a quantidade adequada de algarismos.

INFORMAÇÕES GERAIS

Os primeiros vinte elementos do Sistema Periódico com as suas massas atômicas padrão							
H 1,008							**He** 4,003
Li 6,941	**Be** 9,012	**B** 10,81	**C** 12,01	**N** 14,01	**O** 16,00	**F** 19,00	**Ne** 20,18
Na 22,99	**Mg** 24,31	**Al** 26,98	**Si** 28,09	**P** 30,97	**S** 32,06	**Cl** 35,45	**Ar** 39,95
K 39,10	**Ca** 40,08						

Constantes

aceleração da gravidade: $g = 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$

constante dos gases $R = 8{,}3145\ \mathrm{J/(mol\ K)}$

Fórmulas

área do círculo: $A = \pi r^2$

comprimento da circunferência: $C = 2\pi r$

volume: $V = Ah$

densidade: $\rho = \frac{m}{V}$

pressão: $p = \frac{F}{A}$

calor: $Q = mc\Delta T$

potência: $P = \frac{E}{t}$

energia potencial gravitacional: $E_p = mgh$

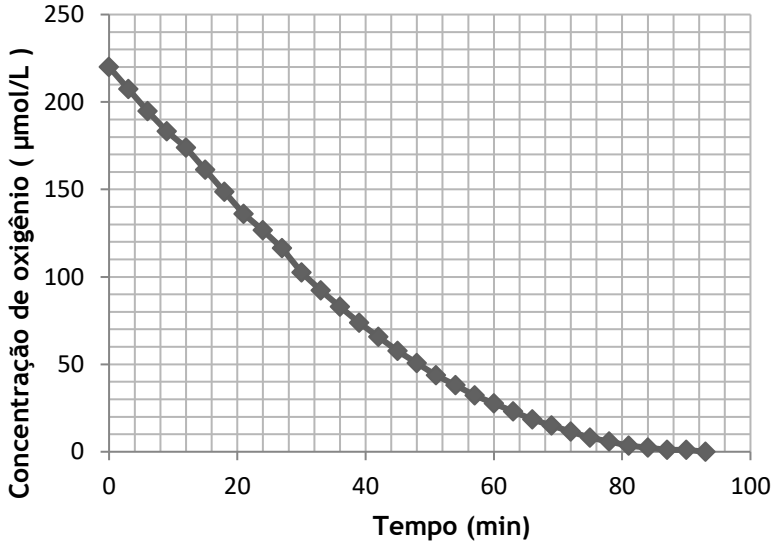
lei de Ohm: $V = IR$

Questões de Biologia

Plantas em planícies de inundação

As plantas que crescem nas várzeas dos grandes rios da Holanda ficam frequentemente inundadas. As plantas submersas podem absorver oxigênio (para respiração aeróbica) da água ao seu redor, mas como o oxigênio se difunde 10^4 vezes mais devagar na água do que no ar, espera-se que as plantas sofram por falta de oxigênio.

Isso pode ser medido colocando uma planta numa caixa fechada, cheia de água, no escuro, e medindo a diminuição da concentração de oxigênio na caixa, agitada fortemente. O gráfico abaixo mostra a diminuição da concentração de oxigênio com o tempo em uma caixa assim. O gráfico está reproduzido também no seu Caderno de Respostas.



1. (**1,2 ponto**) Use o gráfico no seu Caderno de Respostas para determinar a taxa máxima de respiração (aeróbica) desta planta submersa (em µmol/min), sabendo que o volume da caixa é 1,2 L. Indique no gráfico como você obteve a sua resposta. Apresente a sua resposta com dois algarismos significativos.

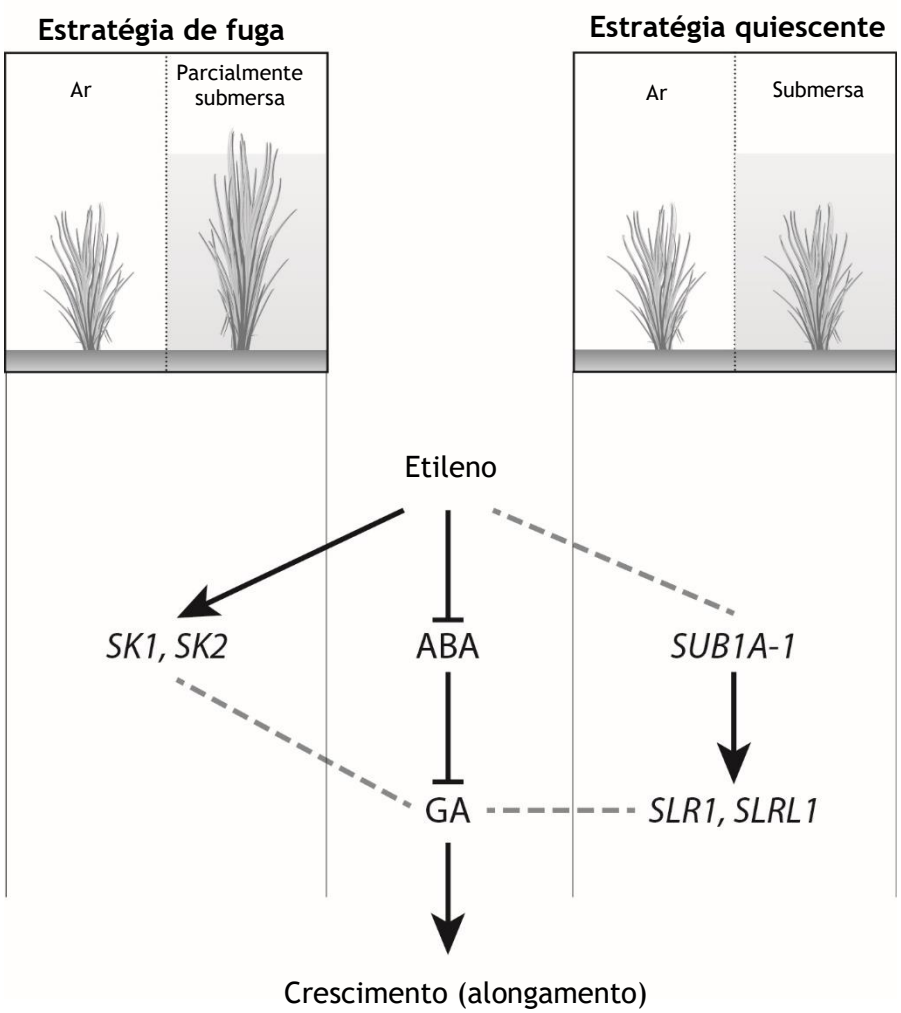
Se a planta desta caixa for submersa em água doce sob uma lâmpada acesa ao invés de ser mantida no escuro, a concentração de oxigênio não muda ao longo do tempo. Isto ocorre pela fotossíntese sob a água.

2. (**0,4 ponto**) Qual é a taxa de produção de oxigênio através da fotossíntese, realizada pela planta toda, quando submersa?

Algumas plantas, como por exemplo arroz (*Oryza sativa*), podem se adaptar rapidamente a inundações ajustando suas taxas de crescimento. Duas estratégias usadas pelo arroz são ilustradas na figura da próxima página: uma delas é alongar-se rapidamente, até que esteja parcialmente acima do nível da água ("estratégia de fuga"); outra é interromper seu crescimento, economizando energia e oxigênio até que o nível da água diminua ("estratégia quiescente"). A figura é fornecida também no seu Caderno de Respostas.

O crescimento é regulado pelos hormônios vegetais giberelina (GA), ácido abscísico (ABA) e etileno (veja figura). Etileno é um hormônio gasoso, que se difunde pouco na água, mas é altamente volátil no ar. Alguns genes que estão envolvidos na regulação do crescimento das plantas são *SK1* e *SK2*; *SUB1A-1;* e *SLR1* e *SLRL1*. Sabe-se que a expressão em excesso de *SLR1* sob condições normais resulta em um fenótipo anão.

3. (**1,2 ponto**) Complete as interações que faltam para as duas estratégias, adicionando uma notação na extremidade de cada uma das três linhas tracejadas. Utilize uma terminação de flecha (→) para indicar interações de estímulo, ou um traço perpendicular (⊣) para indicar interações de inibição.

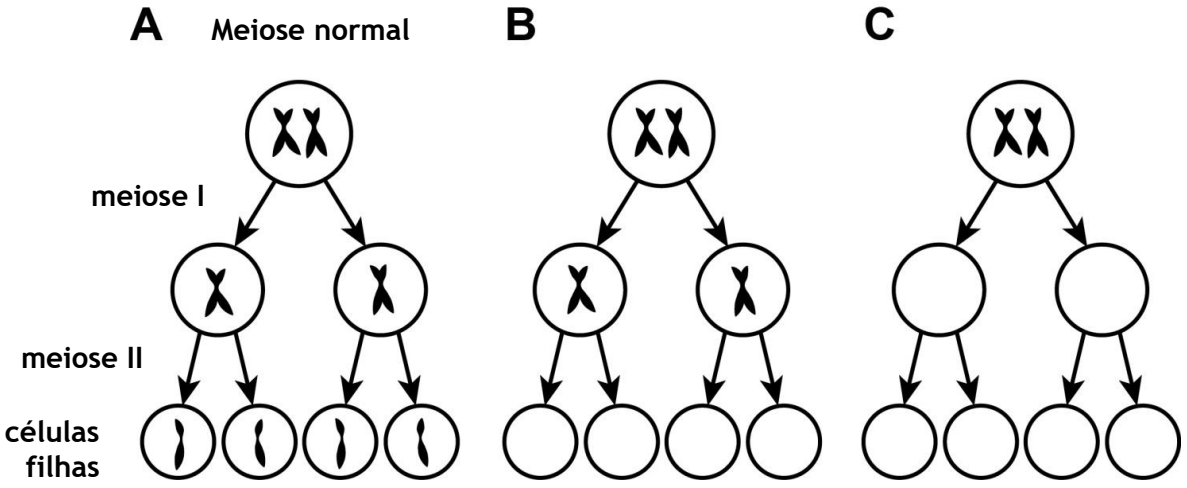


Ostras

A ostra-plana (*Ostrea edulis*) é nativa da costa holandesa. As ostras são criadas para consumo, mas a população de ostras – as criações – tem diminuído por causa de infecções com o protista *Bonamia ostreae*. Uma solução contra este declínio é o uso de ostras triploides, que crescem e amadurecem mais rápido e são mais resistentes a essa infecção.

Ostras triploides apresentam três conjuntos de cromossomos em suas células. Elas são criadas em laboratório, mas também aparecem naturalmente causadas por problemas na meiose: ao invés de gametas com um conjunto de cromossomos, são formados gametas com dois conjuntos de cromossomos. Quando estes gametas são fecundados por gametas normais, formam-se indivíduos triploides.

Na coluna A da figura abaixo, a meiose normal de um par de cromossomos é retratada. Existem principalmente duas formas diferentes a partir das quais um problema na meiose pode levar à triploidia.



4. (**1,2 ponto**) Indique as duas formas fudamentalmente diferentes de problemas na meiose nas colunas B e C, desenhando os cromossomos/cromátides ou deixando células vazias. A meiose I para a coluna B já é dada.

O protista *B. ostreae* vive dentro dos hemócitos (células do sistema imunológico) da ostra, causando a morte de suas células e, consequentemente, a morte da ostra.

B. ostreae pode sobreviver fora da ostra, mas não consegue se reproduzir.

5. (**0,8 ponto**) Como pode ser caracterizada a interação entre a ostra e *B. ostreae*? Escolha o papel de cada espécie entre as palavras dadas abaixo.

I. comensal	IV. parasita
II. endossimbionte	V. predador
III. hospedeiro	VI. presa

Um criador de ostras sofrendo com a infeção por *B. ostreae* em sua zona de criação deseja saber quanto a sua criação melhoraria caso ele trocasse para ostras triploides. Para estudar isso, monta um modelo da interação entre *Ostrea edulis* e *B. ostreae* na sua zona de criação, que é conectada ao mar.

A variação do tamanho da população de ostras por dia é:

$$\frac{\Delta N_O}{\Delta \mathrm{t}} = aN_O - bN_O - cN_O N_B$$

A variação do tamanho da população de *B. ostreae* por dia é:

$$\frac{\Delta N_B}{\Delta \mathrm{t}} = pN_O N_B - qN_B$$

Onde N_O é o número de ostras *O. edulis*, N_B é o número de *B. ostreae* e *t* é o tempo em dias. As letras *a, b, c, p* e *q* são parâmetros positivos, cuja unidade é 'por dia' (d^{-1}).

6. **(0,8 ponto**) Qual é o significado dos parâmetros *p* e *q*? Escolha entre as seguintes descrições:

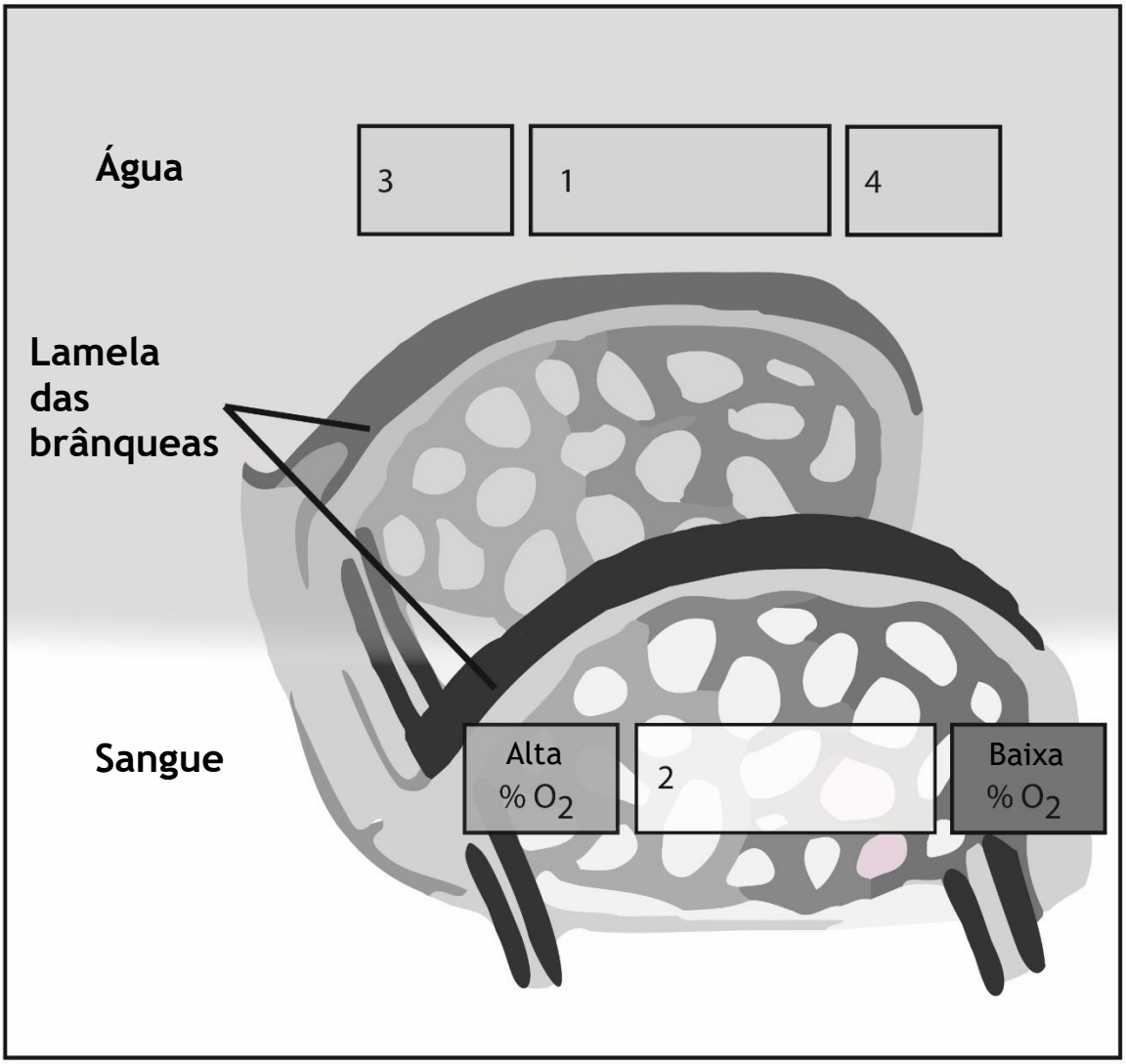
I. Taxa de nascimento da ostra *O. edulis*	IV. Taxa de nascimento do protista *B. ostreae*
II. Taxa de imigração da ostra *O. edulis*	V. Taxa de imigração do protista *B. ostreae*
III. Taxa de morte da ostra *O. edulis*	VI. Taxa de morte do protista *B. ostreae*

7. **(1,2 ponto**) Com base nas informações fornecidas, qual ou quais dos parâmetros *a, b* e *c* são diferentes para ostras triploides em comparação a ostras diploides? Complete a tabela no seu Caderno de Respostas, usando o código: '+' se o parâmetro for maior para ostras triploides, '–' se o parâmetro for menor para ostras triploides e 'o' se não há diferença ou se não foi fornecida informação sobre isso.

Osmoses nos peixes

Peixes usam suas brânquias para trocas de gases e íons, ou seja, eles "respiram" com suas brânquias. Para permitir trocas suficientes, as brânquias usam trocas contracorrente e os peixes movem ativamente a água através do seu sistema branquial. As células epiteliais das lamelas das brânquias estão em contato direto com a água ao redor.

8. **(1,2 ponto**) A figura abaixo ilustra uma representação esquemática dos capilares sanguíneos nas lamelas das brânquias de um peixe. Indique na figura do seu Caderno de Respostas:
   - no **local 1**: a direção do fluxo de água, desenhando uma **seta horizontal**;
   - no **local 2**: a direção do fluxo sanguíneo através dos capilares, desenhando uma **seta horizontal**;
   - nos **locais 3 e 4**: a concentração de O_2 na água, usando **H** (do inglês *high*, alto) para indicar uma alta % de O_2 e **L** (do inglês *low*, baixo) para uma baixa % de O_2.



9. **(0,8 ponto**) Quais seriam as consequências para o peixe de água doce se ele **NÃO** conseguisse regular a absorção de água e a excreção? Complete a seguinte sentença, fazendo as escolhas corretas para I, II, III e IV. Assinale os quadrados corretos no seu Caderno de Respostas.

   Se um peixe de água doce nadando em um rio não fosse capaz de regular a absorção de água, as suas células iriam ….(I)….. No entanto, os peixes de água doce regulam sua quantidade de água bebendo ….(II)…. água, e produzindo ….(III)…. quantidades de uma urina muito ….(IV)…. .

   As escolhas para I, II, III e IV são:

I	'inchar'	ou	'murchar'
II	'muita'	ou	'muito pouca'
III	'grandes'	ou	'pequenas'
IV	'concentrada'	ou	'diluída'

Anammox

O antibiótico penicilina pode ser usado para tratar infecções bacterianas patogênicas. Ele age sobre a biossíntese da parede celular, mais especificamente inibindo a biossíntese de peptideoglicano. Anteriormente era pensado que bactérias que faz a oxidação anaeróbica da amônio (em inglês, anaerobic ammonium oxidizing, originando a sigla anammox) não continham peptideoglicanos na parede celular. Entretanto, quando um biorreator com uma co-cultura de bactérias anammox e de outras bactérias era alimentado com um meio contendo penicilina, o número de bactérias anammox vivas diminuía. Bactérias anammox são dependentes de outras bactérias na co-cultura para nutrientes essenciais.

Três possíveis hipóteses para essa descoberta são consideradas:

I Bactérias anammox têm peptideoglicanos na sua parede celular.

II Penicilina afeta outras bactérias na co-cultura.

III Bactérias anammox têm estruturas da membrana que lembram o alvo da penicilina e esses são inibidos/bloqueados pela penicilina.

10. **(1,2 ponto)** Associe cada uma dessas hipóteses (I-III) ao design experimental (A-C) que poderia estudar sua validade. Indique também a previsão (1 ou 2) que seria confirmada quando a hipótese é **verdadeira**.
    Circule no seu Caderno de Respostas uma letra e um dígito por hipótese.
    Design experimental:
    A. Crescer anammox em meio de cultura puro suplementado com todos os nutrientes essenciais e aplicar penicilina novamente
       Previsão 1: Crescimento no meio de cultura
       Previsão 2: Ausência de crescimento no meio de cultura
    B. Testar a presença de peptideoglicanos na parede celular das anammox
       Previsão 1: A parede celular contém peptideoglicanos
       Previsão 2: A parede celular não contém peptideoglicanos
    C. Usar penicilina marcada com fluorescência e testar se ela se liga à parede celular das células anammox usando microscopia
       Previsão 1: Penicilina marcada com fluorescência se liga à parede celular
       Previsão 2: Penicilina marcada com fluorescência não se liga à parede celular

Questões de Química

Água e a luta contra a *Legionella*

Em março de 1999 mais de 200 pessoas desenvolveram a doença dos Legionários depois de visitar uma exibição de flores no vilarejo de Bovenkarspel na Holanda. Estas pessoas inalaram pequenas gotas de água vindas de fontes contaminadas com a bactéria Legionella. Mais de 30 pessoas morreram a partir deste surto.

A bactéria *Legionella* está presente no sistema de água de torneira de grandes instituições.

A atividade da bactéria *Legionella* é expressa em cfu (sigla em inglês para unidades de colônias formadas). Água com menos de 100 cfu/L é considerada segura. O impacto dos surtos, tais como o de Bovenkarspel, significa que muita atenção deve ser despendida no combate a Legionella. Aqui, nós discutiremos três métodos.

Aquecimento

A água de torneira é aquecida por algum tempo a valores acima de 60 °C. Para expressar a rapidez com que as bactérias morrem, frequentemente é usado o conceito do valor D. O valor D é o tempo em que 90% da população de bactéria morre a uma dada temperatura. A velocidade em que a bactéria morre é exponencial. Por exemplo, o valor D da *Legionella* a 60°C é 5 min.

11. **(1,2 ponto**) Calcule o tempo mínimo necessário para que água com 1.200 cfu/L, mantida a 60ºC, tenha o nível de cfu/L reduzido ao valor considerado seguro. Dê a sua resposta em minutos; arredonde a sua resposta com uma casa decimal.

Cloração

Neste método o ácido hipocloroso, HClO, é adicionado a água de torneira. O ácido hipocloroso é um ácido fraco, com $K_a = 4{,}0 \cdot 10^{-8}$. Quando usamos este método, o pH da água é importante, porque a ação antibactericida do HClO é melhor que a do ClO^-. Logo o pH deve ser tal que $[HClO] > [ClO^-]$.

12. **(1,6 ponto**) Calcule qual deve ser o pH para que se consiga $[HClO] > [ClO^-]$. Indique se este é o valor máximo ou mínimo de pH.

Uma desvantagem deste método é que o ácido hipocloroso pode agir como um oxidante, promovendo a oxidação do encanamento de cobre.

A equação não-balanceada da reação do ácido hipocloroso com o cobre dos encanamentos é:

$$Cu(s) + HClO(aq) + H^+(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + H_2O(l) + Cl_2(aq)$$

Esta reação é de oxidorredução.

13. **(1,2 ponto**) Escreva as equações balanceadas das semirreações e da reação global.

A Ionização Cobre – prata

Um método relativamente novo no combate a *Legionella* é a ionização cobre-prata. Neste processo íons cobre (Cu^{2+}) e íons prata (Ag^{+}) são produzidos na água através da eletrólise. Ambos os íons são formados no mesmo eletrodo.

14. **(0,8 ponto**) Um esquema de célula eletrolítica é dado no seu caderno de respostas. Neste esquema, circule o eletrodo onde os íons cobre e os íons prata são formados. Também indique, com setas, em que sentido os elétrons fluem nesta célula.

Dentro da bactéria, os íons prata podem reagir com os grupos ~ S — H nas proteínas. Uma possível reação dos íons prata com os grupos ~ S — H é a formação de ligações dissulfetos, ~ S — S ~. Esta reação induz a desnaturação das proteínas e a morte das bactérias.

A equação não-balanceada para a formação das ligações dissulfetos a partir da ação do Ag^{+} é:

$$\sim S-H + Ag^{+} \rightarrow \sim S-S\sim + Ag + H^{+}$$

15. **(0,8 ponto**) Escreva a equação balanceada.

Os íons prata podem reagir com os grupos ~ S — H na mesma cadeia de proteína, ou com os grupos ~ S — H em diferentes cadeias de proteína.

No caso das proteínas, se faz distinção entre as estruturas primárias, secundárias, terciárias e quaternárias.

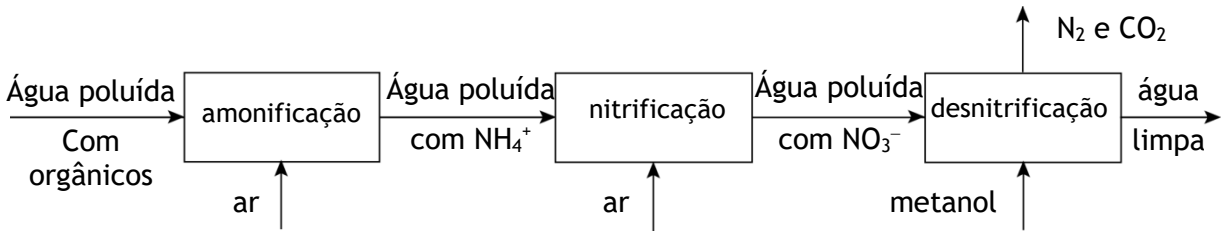
16. **(0,4 ponto**) Em qual destes níveis de estrutura acontece uma mudança quando os íons prata reagem com os grupos ~ S — H na mesma cadeia de proteína? Assinale o quadrado com a resposta correta no caderno de respostas.

Tratamento da Água Poluída

Durante as últimas décadas as atividades industriais, domésticas e da agricultura aumentaram o descarte de compostos de nitrogênio no meio ambiente. Um dos efeitos deste descarte excessivo de nitrogênio é a eutrofização da superfície da água. Para prevenir a poluição causada por nitrogênio, a água poluída deve ser tratada antes de ser descartada.

A Figura 1 mostra uma representação de um tratamento de água poluída convencional.

Figura 1



Amonificação é o processo onde a matéria orgânica é oxidada. Os compostos que contém nitrogênio são convertidos em amônio (NH_4^+).

Na nitrificação o amônio é convertido pelas bactérias nitrificantes, via nitrito (NO_2^-), em nitrato (NO_3^-). As reações são:

$2\ NH_4^+ + 3\ O_2 \rightarrow 2\ NO_2^- + 2\ H_2O + 4\ H^+$, seguida por:
$2\ NO_2^- + O_2 \rightarrow 2\ NO_3^-$

A desnitrificação é a conversão do nitrato no inofensivo gás nitrogênio (N_2). É necessário metanol como agente redutor. Desnitrificação também um processo bacteriano. A reação é:

$6\ NO_3^- + 5\ CH_3OH + 6\ H^+ \rightarrow 3\ N_2 + 5\ CO_2 + 13\ H_2O$

A aeração (passagem de ar através da água) é a operação com o maior gasto de energia no tratamento da água poluída. Em média gasta 3 kWh para o bombeamento de um kg de oxigênio através desta água. O preço da eletricidade na Holanda é € 0,19 por kWh.

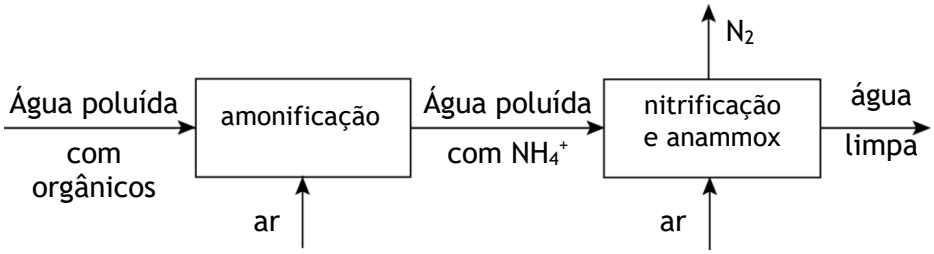
17. (**1,2 ponto**) Calcule os custos da aeração no reator de nitrificação, em euros, numa base anual, no tratamento convencional de água poluída, para a cidade de Nijmegen. Nijmegen tem 175.000 habitantes produzindo, depois da amonificação, 11,4 gramas (= 0,632 mol) de íons amônio por pessoa por dia. Assuma que todo o oxigênio está dissolvido na água poluída.

O alto consumo de energia, a emissão de gases estufa e os custos operacionais tornarão a execução de sistemas convencionais de tratamento de águas poluídas cada vez mais caras e menos ligadas com as futuras políticas de sustentabilidade.

O processo anammox é um novo sistema de tratamento para remoção de nitrogênio da água poluída. Este processo é executado pela bactéria que faz a oxidação anaeróbica de amônio (cuja sigla em inglês é anammox) que converte íons amônio e íons nitrito em moléculas de nitrogênio. A bactéria anammox trabalha em conjunto com a bactéria nitrificante dentro de um reator oxidando amônio a nitrito. O processo anammox é um sistema inovador e sustentável que está crescendo no mundo inteiro.

A Figura 2 descreve o tratamento de água poluída usando o processo anammox.

Figura 2



As reações são:

nitrificação: $2\ NH_4^+ + 3\ O_2 \rightarrow 2\ NO_2^- + 2\ H_2O + 4\ H^+$

anammox: $NH_4^+ + NO_2^- \rightarrow N_2 + 2\ H_2O$

Comparado com o processo convencional, o consumo de oxigênio no tratamento de água poluída usando o processo anammox é consideravelmente menor.

18. (**1,6 ponto**) Calcule a diminuição percentual de oxigênio consumido por mol de amônio no sistema anammox em relação ao processo convencional. Arredonde a sua resposta para um número inteiro.

Todos os processos mencionados neste problema são parte do ciclo natural do nitrogênio. Pode-se imaginar que o ciclo começa com a fixação do nitrogênio (N_2) na matéria orgânica. Um diagrama incompleto do ciclo do nitrogênio é dado no caderno de respostas. Neste diagrama, a amonificação já está indicada por "Amf" e a fixação do nitrogênio por "Fix".

19. (**1,2 ponto**) Complete o diagrama do ciclo do nitrogênio no caderno de respostas.
    - Inclua e legende as setas faltantes
    - Escreva NO_2^- e NO_3^- nos espaços corretos.
    - Inclua todos os processos mencionados da seguinte forma:
      anammox por 'Amx'
      desnitrificação por 'Den'
      nitrificação por 'Nit'

Questões de Física

Energia Eólica

Em uma turbina eólica, a energia cinética devido à passagem do ar é transformada em energia elétrica. A energia cinética por segundo, devido à passagem do ar através das hélices do rotor, é dada por:

$P = ½ A\rho v^3$

Em que (veja figura 1):

- P é a potência do ar que passa através da área A *(em* W);
- A é a área do plano varrida pelo giro das hélices, perpendicular a direção do vento (em m^2);
- ρ é a densidade do ar (em kg/m^3);
- v é a velocidade do vento (em m/s).

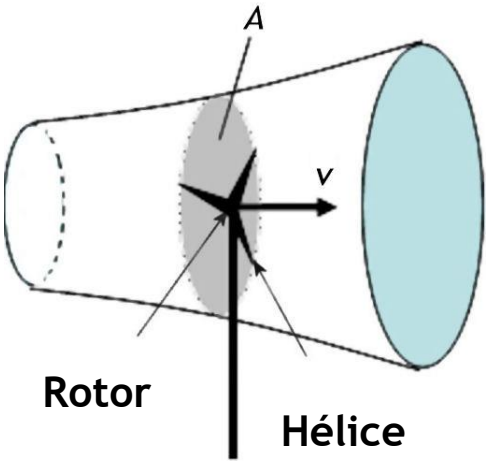


Figura 1: Esquema da turbina eólica

Em um determinado instante, a velocidade do vento $v = v_0$ e $P = P_0$.

20. (**0,4 ponto**) Qual o valor de P quando a velocidade do vento é $2v_0$? Expresse sua resposta em função de P_0.

Em uma turbina eólica, somente uma fração da energia cinética do ar pode ser transformada em energia cinética do rotor. De acordo com o teorema de Betz, esta transformação tem uma eficiência máxima de 59%. Além disso, temos também perda de energia durante a transformação da energia cinética do rotor em energia elétrica. A eficiência desta conversão é de 70% para um determinado tipo de turbina eólica. As hélices deste determinado tipo de turbina eólica descrevem uma superfície circular com um diâmetro de 80 m. A densidade do ar é 1,2 kg/m^3. A velocidade do vento é 36 km/h.

21. (**1,6 ponto**) Calcule a máxima potência elétrica, em W, gerada por apenas uma dessas turbinas eólicas.

O governo holandês tem um projeto para construir um reservatório artificial no mar (veja figura 2). Este projeto é conhecido como projeto-Lievense.

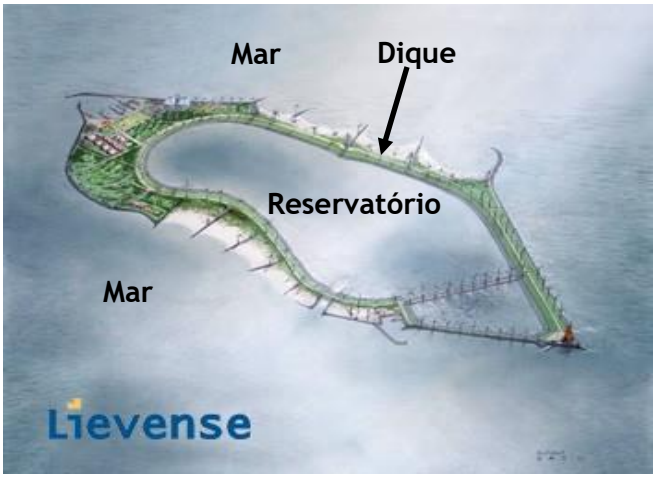


Figura 2: Reservatório artificial no mar.

O nível da água do reservatório formado pelo dique que o envolve, é muito menor do que o nível da água do mar. Turbinas eólicas são construídas ao longo de todo o dique. Quando se tem valores altos para a velocidade do vento, essas turbinas eólicas bombeiam água do reservatório para o mar. Por outro lado, para baixas velocidades do vento, o sistema é construído de uma tal maneira que drena água do mar para o reservatório, através de turbinas embutidas no dique. As turbinas acionam geradores produzindo então energia elétrica.

Uma visão geral do projeto é dado na figura 3.

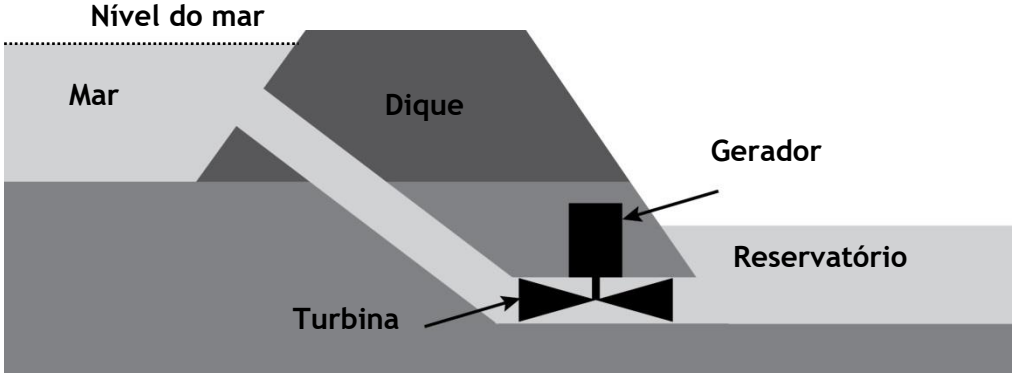


Figura 3: Visão geral do modo de operação do reservatório artificial.

O nível da água dentro do reservatório pode variar entre 32,0 m e 40,0 m abaixo do nível do mar. Com o objetivo de diminuir o nível da água do reservatório desde seu nível mais alto até seu nível mais baixo, as turbinas eólicas devem bombear $3{,}3 \cdot 10^{11}$ kg de água do reservatório para o mar. Admita que as paredes do reservatório são verticais e que o nível do mar permanece constante .

22. (**1,2 ponto**) Calcule a área da superfície do reservatório em m^2. A densidade da água do mar é $1{,}03 \cdot 10^3$ kg/m^3.

Agora, em um outro arranjo, serão instaladas 75 turbinas eólicas ao longo do dique, cada uma das quais com uma potência média de 5,0 MW.

23. (**2,0 ponto**) Calcule quantas horas serão necessárias para que todo o conjunto de turbinas eólicas diminua o nível da água dentro do reservatório, de seu ponto mais alto, até seu ponto mais baixo.

Agora, você pode se perguntar qual seria o propósito de tal planta de energia. Afinal a energia elétrica gerada pelas turbinas eólicas poderia ser transferida diretamente para a rede elétrica. Entretanto, apesar desse argumento e dos enormes custos do projeto, há muitos defensores da construção da usina. No Caderno de Respostas existem vários argumentos.

24. (**1,2 ponto**) Para cada um dos argumentos no Caderno de Respostas indique se eles são (SIM) ou (NÃO) <u>especificamente</u> argumentos que dão suporte à construção deste tipo de usina, em oposição ao tipo de usina que utiliza apenas turbinas eólicas no mesmo lugar e que transfere energia elétrica diretamente para a rede elétrica. Você perderá pontos para respostas erradas, mas pode deixá-las em branco se não souber (sem perda de pontos). A mínima pontuação desta questão é 0.

Piscinão

O Rio Waal tem uma curva acentuada perto da cidade de Nijmegen. Durante o período das cheias este local atua como um estrangulamento, dificultando o escoamento das águas. Um desvio paralelo ao rio principal foi cavado para superar este problema (veja figura 1).

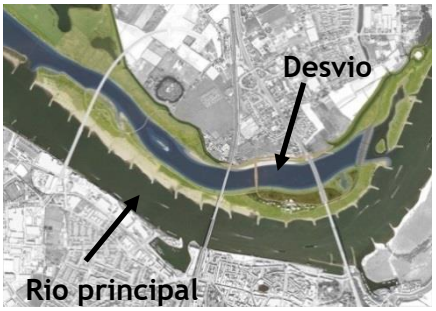


Figura 1: Visão aérea do desvio e do rio principal.

Por questão de simplicidade, assumimos que o desvio tem uma seção retangular. *W* é a largura do desvio, em metros, e D é a profundidade da água, em metros, (veja figura -2). Para o caso em que a profundidade é muito menor do que a largura a quantidade de água que flui, por segundo, através do desvio retangular é dada por:

$$Q = \frac{A}{n} D^{2/3} S^{1/2} \qquad \text{fórmula 1}$$

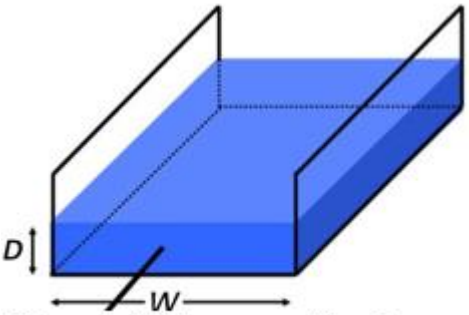


Figure 2: Visão esquemática do desvio.

Em que:

- Q é o volume de água que flui, por segundo, pelo desvio (em m^3/s);
- $A = W \times D$, é a área de secção transversal do desvio até o nível da água (em m^2);
- n é um parâmetro ligado à resistência ao fluxo de água;
- S é o gradiente do rio (em m/m).

25. (**0,8 ponto**) Use a fórmula 1 para determinar a unidade de n.

No caso do desvio de Nijmegen: S = 0,50 m/km ou $5{,}0 \cdot 10^{-4}$ m/m, e W = 200 m. Uma vez concluído o projeto, o valor de n pode ser igualado a 0,018. No nível mais alto atingido pela água no rio Wall perto de Nijmegen, temos $Q_{Waal} = 1{,}4 \cdot 10^4$ m^3/s.

26. (**1,2 ponto**) Calcule a mínima profundidade do desvio, em m, necessária para drenar ao menos 10% da água do rio Wall, quando o nível da água está em seu valor máximo.

Depois de um certo tempo, a parte de baixo do desvio fica ligeiramente coberta. Devido a isso, o valor da profundidade *D* diminui cerca de 1%. Além disso, como resultado da vegetação o valor de n muda de 0,018 para 0,022. Consequentemente, quando o nível da água no rio Wall está no seu máximo, o desvio não é mais capaz de drenar 10% da água.

27. (**1,6 ponto**) Calcule a nova capacidade de escoamento do desvio, em % da água do rio Wall.