PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Exame de Mestrado – 30 de outubro de 2023

Instruções:

1. Junto com a prova, há um envelope menor onde está o código de identificação com instruções para seu uso. Use APENAS este código para identificar-se na prova. Não use seu nome. Escreva seu código de identificação em todas as folhas de respostas nos campos solicitados. Também certifique-se de anotar seu código de inscrição, pois os resultados do exame de ingresso sairão com o seu código e não com o seu nome.

2. A prova tem 9 questões, das quais você deve selecionar 6 para responder: selecione duas questões do Módulo 1, duas questões do Módulo 2 e duas questões do Módulo 3.

3. Responda às questões de maneira clara, direta, lógica e fundamentada na teoria ecológica.

4. Você pode responder às perguntas em português, espanhol ou inglês.

5. Responda às questões com caneta azul ou preta. Se precisar de rascunho, use as folhas brancas adicionais ao final desta prova.

6. Responda cada questão em sua própria folha e respeite o limite máximo de linhas estipulado para a resposta de cada questão. Não use o verso das folhas de resposta.

7. Em caso de rasuras, deixe claro quais trechos de texto devem ser desconsiderados.

8. Não é permitido o uso de calculadora em nenhuma das questões da prova.

9. A prova não permite consulta a qualquer material impresso ou digital.

10. O tempo máximo para resolução da prova é de quatro horas e de cinco horas para as pessoas com deficiência.

11. Durante o exame, você pode sair para ir ao banheiro, beber água, ou por alguma outra urgência. Para isso, comunique o examinador que precisa sair e onde vai.

12. Durante o exame, o examinador não está autorizado a responder nada sobre o enunciado das questões. A compreensão das questões faz parte da avaliação. Se necessitar de esclarecimentos sobre as instruções, solicite-os ao examinador antes de iniciar a prova.

13. Ao terminar a prova, coloque TODAS as folhas de respostas preenchidas ou não, e o envelope menor com o seu código de identificação no envelope maior e devolva ao examinador.

14. Considerando que você leve 50 minutos para ler todas as questões e escolher quais delas vai responder em cada módulo, isso lhe dá cerca de 30 minutos para responder cada uma das questões. Esteja atenta(o) ao horário para que você possa terminar de responder todas as questões dentro do prazo estipulado para a realização da prova.

Bom exame!

Código de identificação:_____

MÓDULO 1
(Responda **duas** das três questões abaixo)

Questão 1. Uma pesquisa procurou estabelecer os principais fatores limitantes para o desempenho biológico de uma espécie de ave. Entre os resultados obtidos estão os apresentados na figura abaixo.

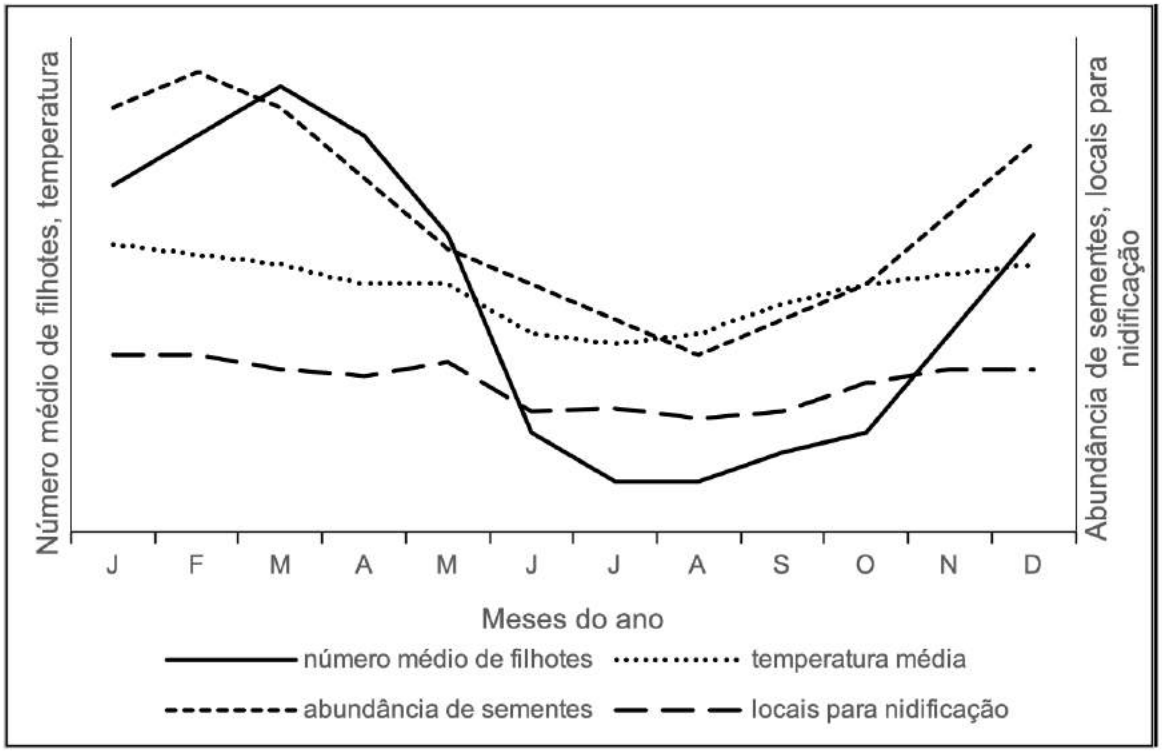

Figura. 1. Variação do número médio de filhotes por ninho, da temperatura média mensal, da abundância de sementes e disponibilidade de locais para nidificação ao longo de um ano (Fonte: elaboração própria).

a) A figura mostra algum indício de que o desempenho biológico dos adultos da espécie de ave seria limitado por alguma(s) da(s) variáveis analisadas? Justifique sua resposta, explicando o provável motivo dessa(s) variável(veis) ser(em) um fator limitante neste caso.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Código de identificação:_____

b) Temperatura do ar, abundância de sementes e locais para nidificação representam condições ou recursos para a ave? Justifique com base na definição destes dois termos.

_____

_____

_____

_____

_____

Questão 2: A Figura 2 mostra a distribuição de subpopulações de uma espécie bentônica, alvo de proteção ambiental. Essa é uma espécie com mobilidade restrita quando adulta, mas as larvas produzidas permanecem bastante tempo no ambiente pelágico, sendo transportadas pelas correntes. A figura abaixo mostra a localização das 11 subpopulações dessa espécie ao longo de um trecho de costa, assim como o rendimento reprodutivo de cada uma. As larvas estão sujeitas a uma corrente unidirecional ao largo (seta grossa, branca), a qual gera meandros (setas finas) definindo gradientes de densidade larval.

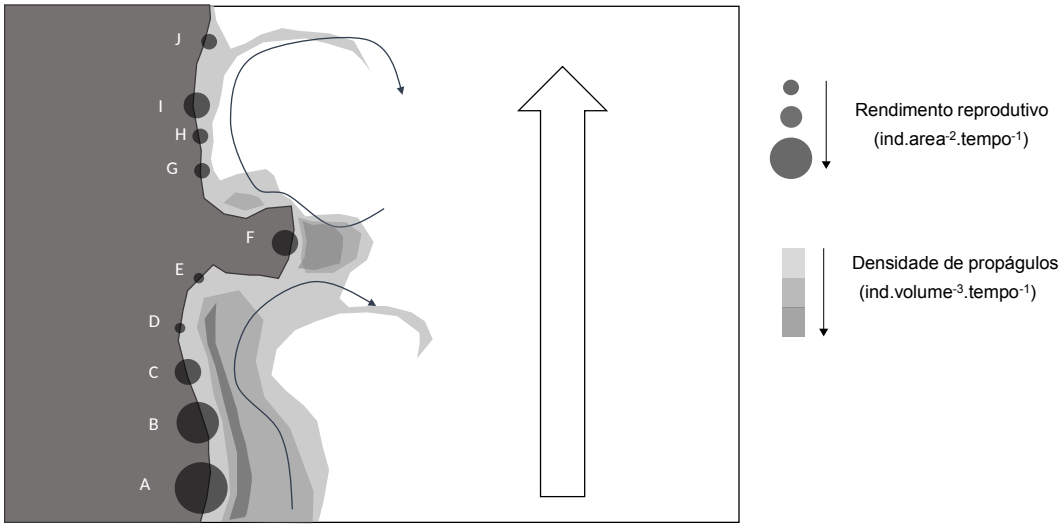

Figura. 2. Localização, rendimento reprodutivo e densidade de propágulos de 11 subpopulações de uma espécie bentônica ao longo de um trecho de costa. A seta grossa branca representa a direção da corrente e as setas finas representam os meandros da corrente ao longo da costa (Fonte: elaboração própria).

a) Qual o modelo metapopulacional que melhor se aplica nesse caso? Justifique.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Código de identificação:_____

b) Alguns pesquisadores defendem que para uma gestão efetiva seria necessário proteger ao menos 30% da linha de costa. Para o trecho de costa simplificado da Figura 2, e apenas com essas informações, qual seria o setor, incluindo três subpopulações contíguas, que você protegeria para preservar a espécie em questão? Justifique.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Questão 3: Na costa oeste da América do Norte, macroalgas da família Laminariaceae formam bosques submarinos muito dinâmicos, complexos e com alta taxa de produtividade, as chamadas *kelp forests*. Esses bosques de algas podem ter entre 5m e 20m de altura na coluna d'água, abrigam uma grande diversidade de organismos associados, proporcionando local de proteção e alimentação para várias espécies, incluindo berçários para muitos peixes. Nesse sistema, a lontra do mar (*Enhydra lutris*) é um predador voraz de invertebrados marinhos, como caranguejos, moluscos e ouriços. Elas consomem diariamente cerca de 4 kg de presas. Os ouriços são pastadores das macroalgas que formam os bosques de algas. Pesquisas realizadas por vários anos avaliaram o efeito da predação da lontra do mar sobre a comunidade em 4 ilhas do Oceano Pacífico, na costa do Alasca. Os resultados são apresentados na Figura 3 a seguir.

a) Com base na figura, explique as alterações sofridas no ecossistema do bosque de algas ao longo dos anos.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Código de identificação:_____

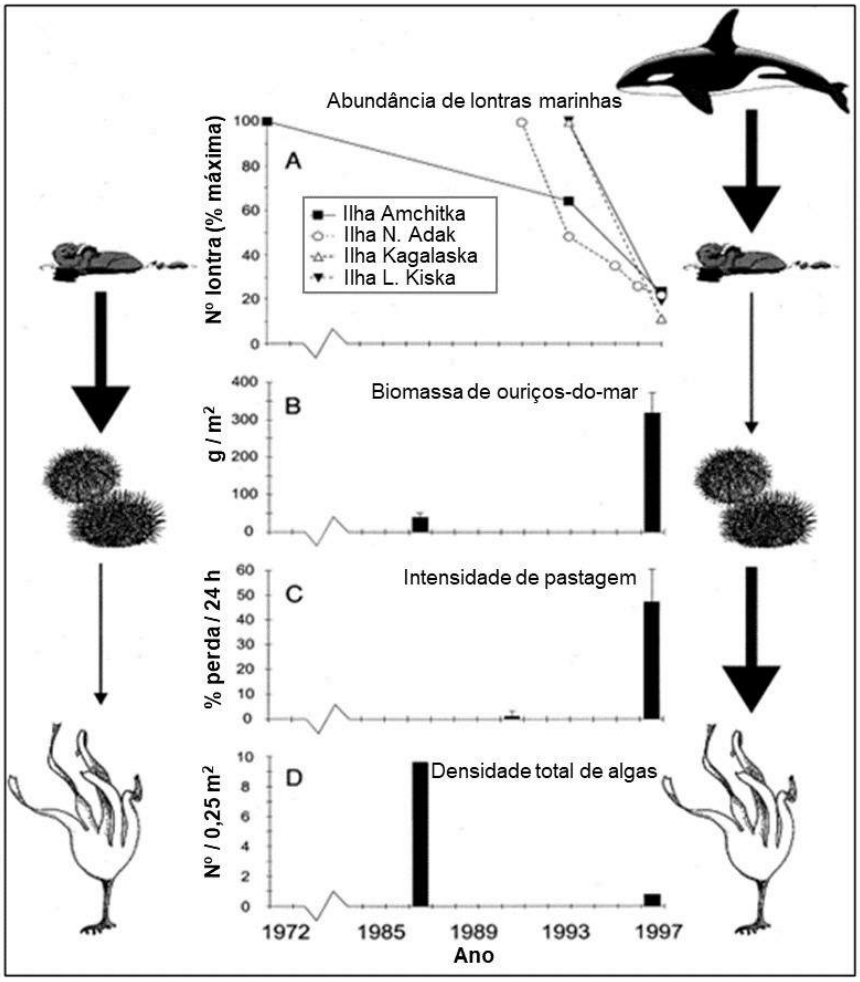

Figura. 3. (A) Mudanças na abundância de lontras marinhas ao longo do tempo em quatro ilhas do arquipélago das ilhas Aleutas, no Alasca e mudanças simultâneas em (B) biomassa de ouriços-do-mar, (C) intensidade de pastagem e (D) densidade total de algas nas ilhas. A espessura das setas marginais representa a intensidade das interações tróficas no ecossistema. Na década de 90, ocorreu a entrada de um predador de topo (orcas) no sistema (Fonte: modificado de Estes et al. 1998. Science 282: 473-476).

b) Porque a lontra pode ser considerada uma espécie chave nesta comunidade?

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Código de identificação:_____

MÓDULO 2
(Responda **duas** das três questões abaixo)

Questão 4. A figura abaixo mostra padrões gerais do fluxo de energia em dois ecossistemas aquáticos continentais: um lago localizado em área aberta e um riacho localizado em área florestada.

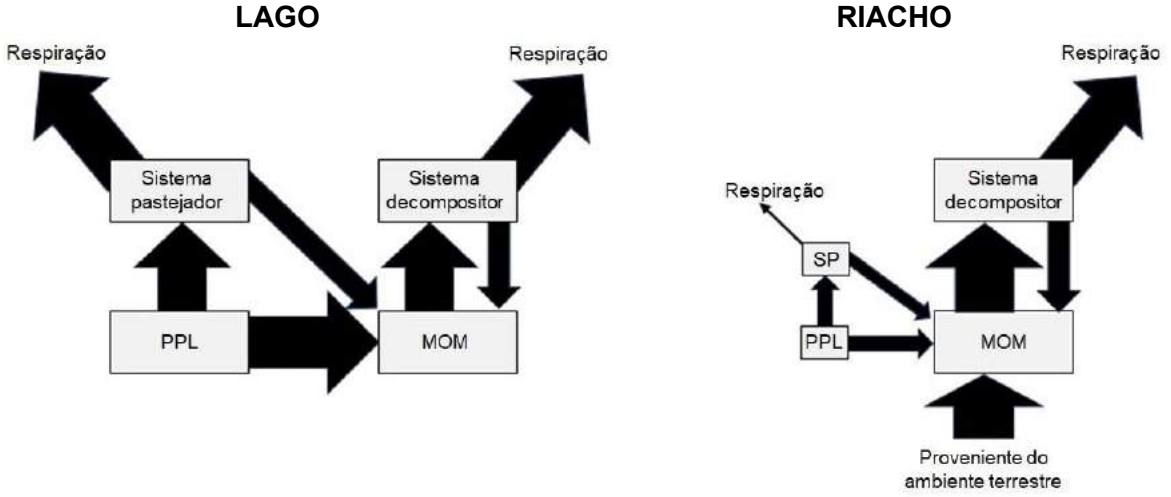

Figura. 4. Fluxo de energia em um lago e um riacho. Os tamanhos relativos das caixas e setas são proporcionais às grandezas relativas dos compartimentos e fluxos. SP – sistema pastejador; PPL – produção primária líquida; MOM – matéria orgânica morta (Modificado de Begon et al., 2008).

a) Qual o principal recurso limitante para os organismos autótrofos que explicaria a diferença de grandeza da produção primária líquida nos dois ecossistemas? Justifique.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

b) Em qual dos ecossistemas a cadeia alimentar baseada em detritos tem papel mais relevante para a comunidade aquática? Justifique, explicando por que isto acontece e qual a fonte de detritos para o riacho.

_____

_____

_____

_____

_____

Código de identificação:_____

c) De maneira geral, nos ecossistemas existem duas categorias de consumidores que utilizam detritos como recursos. Quais são elas e qual a principal diferença na atuação de ambas na ciclagem de matéria nos ecossistemas?

_____

_____

_____

_____

Questão 5. A simbiose de limpeza envolve organismos limpadores que retiram ectoparasitas, muco, escamas e tecido ferido da superfície corporal de clientes. A simbiose de limpeza é uma interação bastante comum entre peixes em recifes de corais e ocorre em locais específicos, denominados estações de limpeza. Acredita-se que a causa proximal para a ocorrência da simbiose de limpeza seja o estímulo tátil fornecido pelos limpadores aos clientes, ao passo que a causa distal seria o aumento no fitness dos clientes decorrente da redução na carga de ectoparasitas. Existem evidências de que o estímulo tátil é utilizado pelos limpadores para atrair clientes ariscos e para diminuir as chances de predação durante a interação com clientes potencialmente predadores. Além disso, as vantagens das interações de limpeza podem variar entre mutualismo e parasitismo, de acordo com o contexto ecológico. Em interações mutualísticas, os limpadores atraem os clientes e removem predominantemente ectoparasitas e tecido doente dos clientes, enquanto em interações de parasitismo (ou trapaça), os limpadores removem principalmente muco e escamas saudáveis, itens valiosos para os clientes.

a) Considerando que o comportamento de estímulo tátil dos limpadores, i.e. toques com nadadeiras pélvicas sobre a superfície do corpo dos clientes, é facilmente observado em campo, formule um experimento de campo para avaliar se o estímulo tátil fornecido por uma espécie de peixe limpador é maior para clientes potencialmente perigosos (i.e. piscívoros) do que para clientes não perigosos (i.e. herbívoros). Tenha em mente que peixes herbívoros são mais ativos e visitam as estações de limpeza com maior frequência no meio do dia (entre 11h e 14h) ao passo que os piscívoros são mais ativos e visitam as estações de limpeza com maior frequência em períodos crepusculares (entre 06h e 08h e 17h e 18h).

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Código de identificação:_____

b) Dados obtidos (figuras 5a e 5b) para o peixe limpador *Elacatinus evelynae* e seu cliente *Stegastes diencaeus* (peixe-donzela), para diferentes localidades no Caribe, demonstraram que a ingestão de diferentes itens alimentares (ecotoparasitas, escamas e muco) pelos limpadores varia entre diferentes localidades. Interprete os resultados apresentados nos gráficos abaixo e explique suas consequências para a classificação da simbiose de limpeza como mutualismo ou parasitismo.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

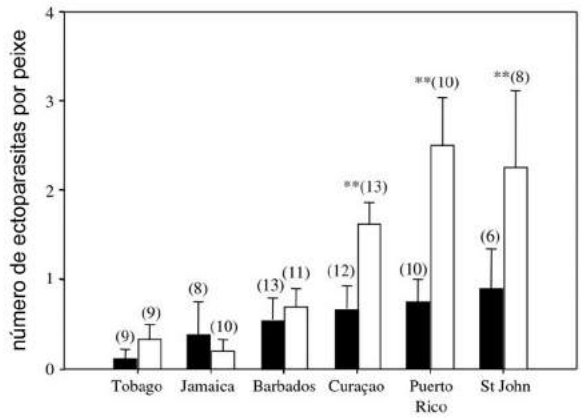

Figura 5a. Carga de ectoparasitas no cliente *Stegastes diencaeus* em diferentes ilhas do Caribe. Barras escuras: peixes-donzela com uma estação de limpeza dentro do seu território; barras brancas: peixes-donzela sem uma estação de limpeza no seu território. As barras indicam erro padrão e o tamanho amostral (número de clientes amostrados) é indicado entre parênteses. Diferenças significativas na carga de ectoparasitas para clientes com territórios dentro e fora de estações de limpeza são denotadas com asteriscos (Fonte: modificado de Cheney & Côté. 2005. Biol Lett. 22, 1(2): 162-165).

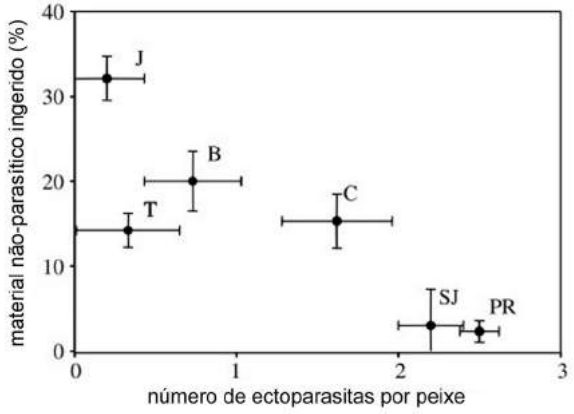

Figura 5b. Proporção de material não parasitário (muco e escamas saudáveis) ingerido pelo peixe limpador *Elacatinus evelynae* de acordo com a carga de ectoparasitas registrada em seu cliente *Stegastes diencaeus* para seis ilhas do Caribe. J-Jamaica, T-Tobago, B-Barbados, C-Curaçao, SJ-St. John, PR- Porto Rico (Fonte: modificado de Cheney & Côté. 2005. Biol Lett. 22, 1(2): 162-165).

Código de identificação:_____

Questão 6. Uma das formas pelas quais novas espécies são formadas é a especiação em anel (*ring speciation),* ilustrada esquematicamente na figura abaixo. Entre os exemplos bem documentados deste tipo de especiação na natureza estão: gaivotas do gênero *Larus* no norte da Europa, circundando a calota polar norte; felosas verdes (pequenos pássaros parecidos com rouxinol) do gênero *Phylloscopus* no platô tibetano; salamandras do gênero *Ensatina* no norte da Califórnia ao redor do Vale Central, entre outros.

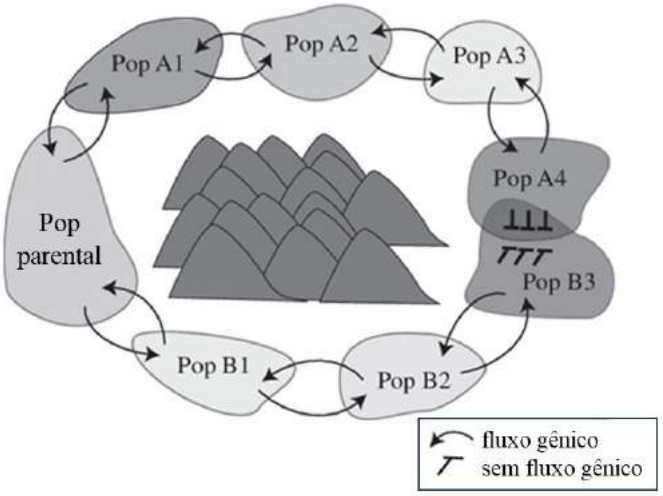

Figura 6. Modelo de especiação por anel (Fonte: modificado de Cacho & Baum. 2012. Proc Biol Sci. 279(1742): 3377-83).

a) Em termos geográficos, o que os exemplos de especiação em anel citados no enunciado têm em comum?

_____

_____

_____

_____

b) Quais as principais semelhanças e/ou diferenças deste tipo de especiação com o modelo de especiação alopátrica?

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Código de identificação:_____

MÓDULO 3

(Responda **duas** das três questões abaixo)

Questão 7. Aspectos da ecologia populacional de duas populações (**A** e **B**) de uma mesma espécie de vertebrado foram avaliados. A população **B** é parasitada por um verme nematódeo que não ocorre no ambiente habitado pela população **A**, sendo que a presença do parasita é a única diferença relevante entre os dois locais. A figura abaixo apresenta as curvas de número de sobreviventes (l_x) e de número médio de descendentes por fêmea (m_x) nas diferentes idades para as duas populações.

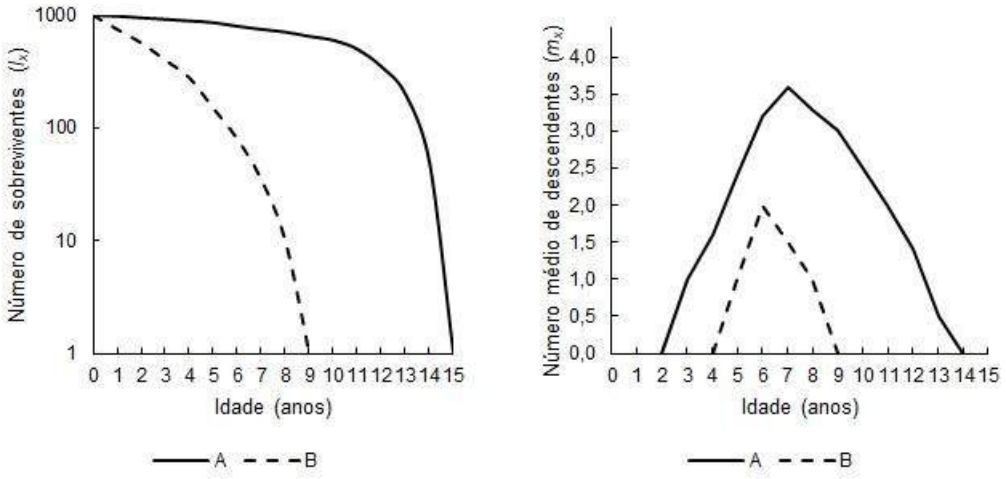

Figura 7. Curvas de sobrevivência e de fecundidade de duas populações (**A** e **B**) de uma espécie de ave (Fonte: elaboração própria).

a) Como a infestação por parasitas afeta a sobrevivência e a longevidade dos indivíduos pertencentes à população **B**, comparativamente à **A**?

_____

_____

_____

_____

b) Considerando o conceito de taxa reprodutiva líquida, cujo valor é dado pela fórmula $R_0 = \Sigma\, l_x m_x$, em qual população esta taxa seria maior? Integre as informações constantes nos dois gráficos para explicar sua resposta.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Código de identificação:_____

c) Sabendo que o crescimento populacional da espécie segue o modelo logístico, qual das duas populações teria maior chance de atingir a capacidade de suporte do ambiente mais rapidamente? Justifique.

_____

_____

_____

_____

_____

Questão 8. O número de indivíduos em uma população (N_t) é dado pelo número de indivíduos em momento anterior (N_{t-1}), somado ao número de nascimentos (B) e imigrantes (I) e subtraindo os indivíduos que morreram (D) e emigraram (E):

$$N_t = N_{t-1} + B + I - D - E$$

A Figura 8 ilustra taxas de natalidade e mortalidade, em função da densidade, para uma população na qual *I* e *E* se cancelam.

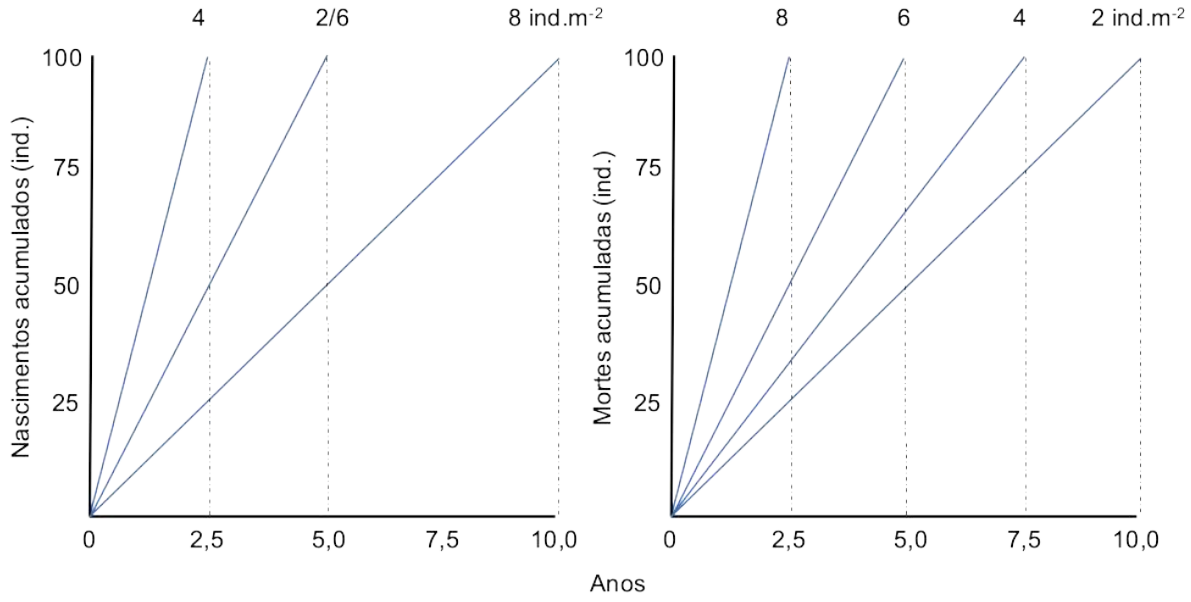

Figura 8. Taxas de natalidade e mortalidade, em função da densidade, para uma população na qual *I* e *E* se cancelam (Fonte: elaboração própria).

Código de identificação:_____

a) Elabore um único gráfico de linhas representando a variação das taxas de natalidade e mortalidade (ind.ano^{-1}) em função da densidade populacional (ind.m^{-2}).

b) A figura que você produziu sugere processos de regulação populacional dependentes de densidade? Justifique e ofereça uma interpretação para os padrões observados.

_____

_____

_____

_____

_____

c) Seria possível obter uma estimativa de capacidade de suporte (em ind.m^{-2})? Explique.

_____

_____

_____

_____

_____

Código de identificação:_____

Questão 9. O conceito original de bioma baseia-se na ideia de que climas semelhantes selecionam formas de plantas similares, independentemente de diferenças na história evolutiva. Por trás disso, está a suposição de que, dadas as restrições comuns a todas as plantas, soluções ótimas para as condições ambientais evoluíram. No entanto, desvios nos padrões de vegetação-clima global em escalas locais são amplamente reconhecidos.

Uma das hipóteses para explicar esses desvios é a de "biomas estáveis alternativos". Diferentes biomas se alternariam em uma mesma região após a ocorrência de perturbações ambientais extremas e se perpetuariam através de processos de retroalimentação positiva. A hipótese de estados estáveis de biomas é utilizada para explicar, por exemplo, a ocorrência de florestas tropicais densas, como a floresta amazônica, e savanas abertas, como o cerrado, sob condições climáticas semelhantes. A figura abaixo ilustra os tipos de perturbação e os processos de retroalimentação que seriam responsáveis pela ocorrência de biomas estáveis alternativos.

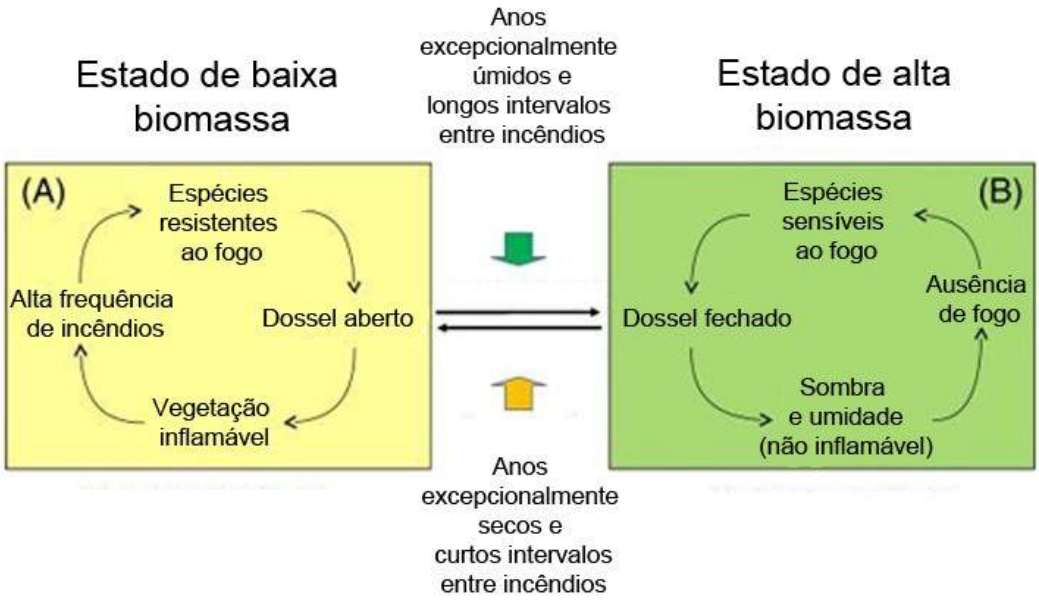

Figura 9. Estados alternativos, tipos de perturbação e processos de retroalimentação envolvidos na geração de biomas de baixa (savana) e de alta (floresta) biomassa vegetal (Fonte: modificado de Pausas & Bond. 2020. Trends in Plant Science, 25(3): 250-263).

a) Delineie um estudo observacional ou experimental para testar a hipótese de biomas estáveis alternativos, de forma a explicar a ocorrência de florestas e savanas em regiões com características climáticas semelhantes. Considere que seu experimento poderia ser realizado em largas escalas espaciais e ao longo de várias décadas (i.e. sem limitações logísticas e financeiras).

_____

_____

_____

Código de identificação:_____

Continuação da a)

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

b) Indique quais seriam as consequências para os biomas alternativos florestas tropicais/savanas considerando previsões de diminuição de precipitação com o aquecimento global nas próximas décadas.

_____

_____

_____

_____

_____

_____