

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

Exame de Mestrado – 8 de novembro de 2021

Instruções sobre o exame:

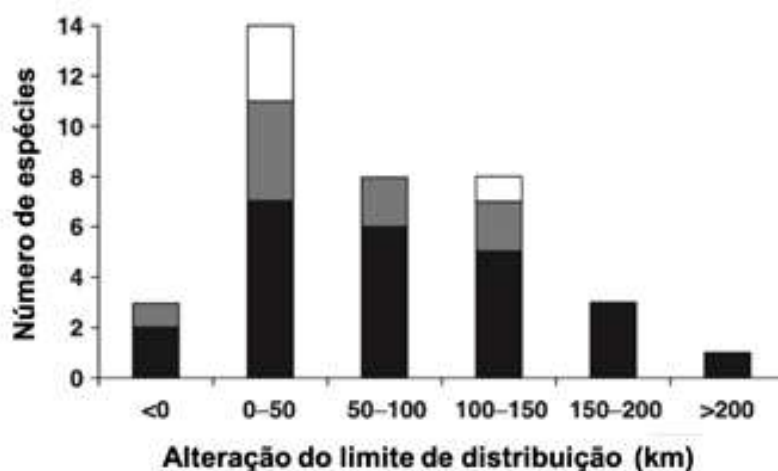
1. Responda às questões de maneira clara, direta, lógica e fundamentada na teoria ecológica.
2. A prova tem 9 questões entre as quais você deve selecionar somente 6 para responder. Para tanto, selecione duas questões do Módulo 1, duas questões do Módulo 2 e duas questões do Módulo 3.
3. Respeite o limite máximo de linhas estipulado para a resposta de cada questão.
4. A prova não permite consulta a qualquer material impresso ou digital.
5. O tempo máximo para resolução da prova é de quatro horas.
6. Você pode responder às perguntas em português, espanhol ou inglês.
7. O aplicador do exame não está autorizado a responder nenhuma dúvida dos candidatos referente ao enunciado das questões (somente sobre questões operacionais relativas ao funcionamento da plataforma).

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 ATENTO(A) AO HORÁRIO PARA QUE VOCÊ POSSA TERMINAR DE RESPONDER TODAS AS QUESTÕES DENTRO DO PRAZO ESTIPULADO PARA A REALIZAÇÃO DA PROVA.

MÓDULO 1

(ESCOLHA E RESPONDA **DUAS** DAS QUESTÕES ABAIXO)

1. Hickling e colaboradores (2005) investigaram se 37 espécies de libélulas endêmicas das Ilhas Britânicas alteraram seus limites de distribuição geográfica em resposta às recentes mudanças climáticas globais. A figura a seguir representa o número de espécies que alteraram seus limites de distribuição entre 1960-1970 e 1985-1995. Na figura, são representadas espécies que originalmente ocorrem em ilhas ao norte (branco), espécies onipresentes em toda região das Ilhas Britânicas (cinza) e espécies que originalmente ocorrem em ilhas mais ao sul (preto). Valores positivos no eixo x indicam alteração do limite de distribuição em direção ao norte e valores negativos indicam alteração do limite de distribuição em direção ao sul.

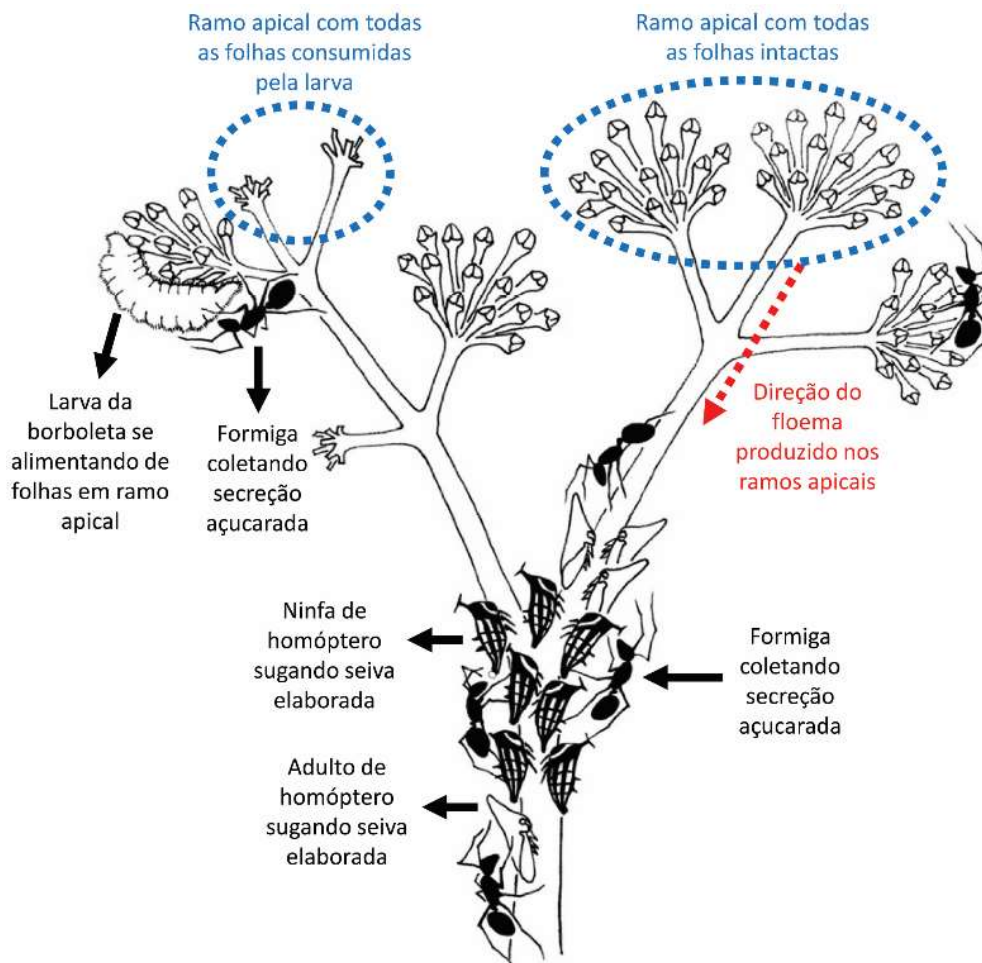


a) Descreva brevemente os resultados apresentados no gráfico quanto ao total de espécies que alterou seus limites de distribuição geográfica (sem distinção quanto às cores das barras). **(máximo de 3 linhas)**

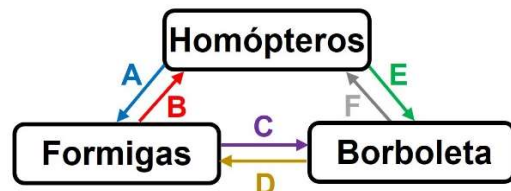
b) Os resultados encontrados são congruentes com uma alteração do limite de distribuição geográfica das libélulas em resposta às recentes mudanças climáticas globais? Justifique sua resposta. **(máximo de 6 linhas)**

c) Que informações adicionais você gostaria de ver apresentadas pelos autores para reforçar as evidências de que o padrão encontrado está relacionado às mudanças climáticas? Qual seria a predição quanto a esses novos dados? **(máximo de 6 linhas)**

2. Formigas frequentemente interagem com insetos herbívoros que liberam secreções açucaradas. Nesse tipo de interação, as formigas obtêm alimento e os insetos herbívoros podem obter proteção contra inimigos naturais, tais como predadores e parasitoides. A maioria dos estudos sobre o tema está focada na interação entre um conjunto de espécies de formigas e uma única espécie de inseto herbívoro. Um estudante de doutorado encontrou um sistema de estudo no qual formigas interagem com dois insetos herbívoros diferentes em uma mesma espécie de planta que por si só não oferece nenhum recurso alimentar às formigas (ver figura abaixo). Um desses insetos é um homóptero que se alimenta de seiva elaborada próximo a ramos apicais e libera secreções açucaradas consumidas pelas formigas. O outro inseto é uma larva de borboleta que se alimenta das folhas em ramos apicais e que produz uma secreção açucarada consumida pelas formigas. Em um experimento de campo, o estudante demonstrou que fêmeas da borboleta ovipõem preferencialmente em plantas que já possuem homópteros, onde a abundância de formigas é maior. Em um outro experimento, ele demonstrou que a poda das folhas em ramos apicais reduz a produção de seiva elaborada.

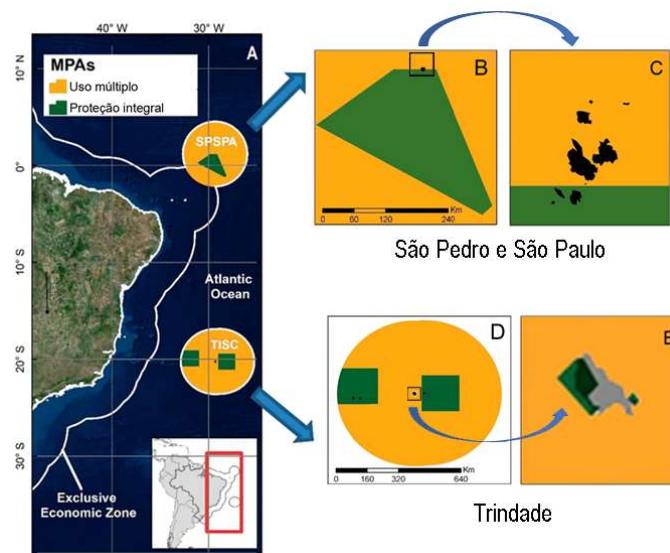


a) O esquema ao lado indica todas as interações ecológicas no sistema de estudo. A seta A, por exemplo, indica a interação entre o homóptero e as formigas da perspectiva da formiga. A seta B, por sua vez, indica a interação entre as formigas e os homópteros da perspectiva dos homópteros. Para cada letra do esquema, indique se as interações ecológicas são positivas, negativas ou neutras. Justifique brevemente sua resposta. **(máximo de 6 linhas)**



b) No último capítulo de sua tese, o estudante realizou um experimento para entender melhor o saldo da interação ecológica entre homópteros e larvas de borboleta, ou seja, as setas E e F do esquema. O experimento envolvia ter plantas com três combinações: (1) com homópteros e com larvas, (2) com homópteros e sem larvas e (3) sem homópteros e com larvas. Em todos os três grupos experimentais as formigas tinham livre acesso às plantas. Na sequência, o estudante acompanhou o número de homópteros e larvas em cada grupo experimental por 3 semanas e registrou a porcentagem média final de sobrevivência para cada um dos dois organismos. Suponha que a resposta que você deu no item (a) acima para as setas E e F descreva de forma correta o saldo da interação ecológica da perspectiva dos homópteros e das larvas, respectivamente. Crie um único gráfico que apresente o resultado do experimento de acordo com a resposta que você deu no item (a) para as setas E e F. Justifique brevemente sua resposta. **(máximo de 9 linhas sem contar o gráfico)**

3. Em março de 2018, o governo brasileiro criou duas das maiores áreas marinhas protegidas (AMPs) do oceano Atlântico, cobrindo uma área total de cerca de 925.000 km². Essas duas áreas encontram-se no entorno de dois arquipélagos oceânicos isolados (São Pedro–São Paulo e Trindade) e estão subdivididas em áreas de *proteção integral*, onde nenhuma atividade extrativista (e.g., pesca) é permitida, e áreas de *uso múltiplo*, que permitem atividades extrativistas com regulamentações (ver figura abaixo). A cobertura das AMPs do país aumentou de 1,5% para 25%, superando a meta de 10% de AMPs estabelecida pela Meta 11 de Aichi da Convenção da Diversidade Biológica. Este fato foi divulgado pelo governo brasileiro e pela mídia como uma grande conquista e um passo importante para a conservação da biodiversidade marinha no país. Porém, alguns princípios básicos do planejamento da conservação foram negligenciados pelo processo de tomada de decisão, o que pode comprometer o sucesso dessas AMPs na manutenção da biodiversidade em longo prazo. Por exemplo, foram protegidas vastas áreas em profundidades superiores a 5.000 m, cobrindo ecossistemas com baixo interesse de exploração e que sofrem poucos impactos humanos, ao passo que a maior parte dos ecossistemas costeiros rasos e altamente sensíveis e impactados (e.g., recifes de corais e manguezais) permanece com baixos níveis de proteção. Além disso, os recifes rasos em volta das ilhas, os quais abarcam elevada proporção de espécies endêmicas, ficaram, em sua maioria, desprotegidos ou sob regime de proteção parcial (i.e., *uso múltiplo*). Portanto, vários pesquisadores concluem que as grandes AMPs recém-criadas no Brasil não são suficientes para a conservação da biodiversidade marinha e não podem ser entendidas como uma conquista da Meta Aichi 11.



Mapa da costa brasileira mostrando: (A) Localização das duas grandes áreas marinhas protegidas (AMPs) recém-criadas no Brasil; (B-C) Posicionamento das áreas de uso múltiplo (laranja) e de proteção integral (verde) em volta do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Note que a maior parte da ilha ficou sob regime de uso múltiplo, onde a pesca é permitida; (D-E) Posicionamento das áreas de proteção em volta do Arquipélago de Trindade.

Você concorda com a conclusão dos pesquisadores de que a criação de duas grandes AMPs não é suficiente para a proteção efetiva da biodiversidade marinha brasileira, mesmo ultrapassando a Meta Aichi 11 de 10% de área protegida? Justifique sua posição com base nos conceitos de *vulnerabilidade*, *complementariedade*, *insubstituibilidade* e *conectividade demográfica e/ou genética*. (máximo de 15 linhas)

MÓDULO 2

(ESCOLHA E RESPONDA **DUAS** DAS QUESTÕES ABAIXO)

4. O crescimento populacional de algumas espécies na ausência de inimigos naturais pode ser descrito pela seguinte equação:

$$\frac{dP(t)}{dt} = rP(t) \left(\frac{P(t) - M}{M} \right),$$

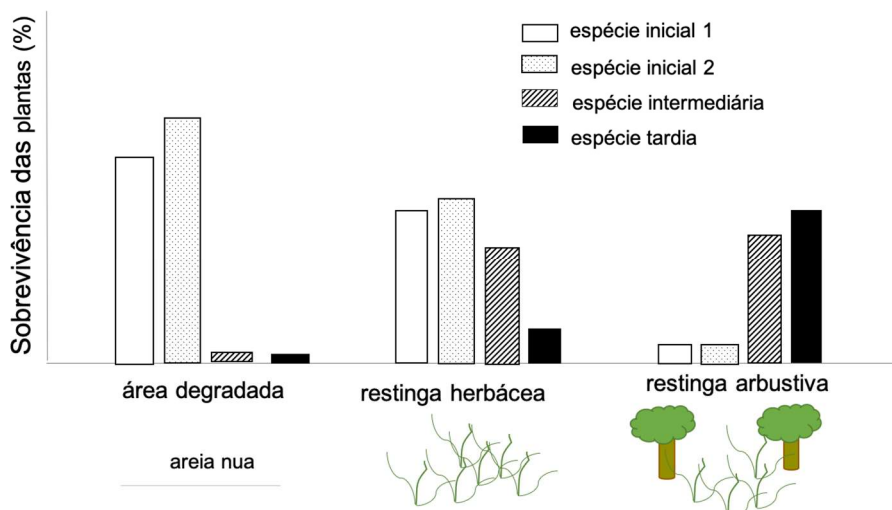
onde $P(t)$ denota o tamanho/abundância da população no tempo t , r é a taxa intrínseca de crescimento dessa população e M é o tamanho mínimo sustentável para que essa população se mantenha ao longo do tempo.

a) Suponha que indivíduos de uma espécie descrita pela equação acima são colocados em um novo local onde seus inimigos naturais estão ausentes. Suponha que se coloque inicialmente 40 indivíduos neste novo local (ou seja, $P(0) = 40$). Suponha que $r = 0,8$ e $M = 30$. O que você espera que aconteça com a população neste local após um certo tempo? Justifique sua resposta e, se julgar necessário, apresente os cálculos. **(máximo de 5 linhas)**

b) Suponha que após um certo tempo a população tem um certo tamanho e você decide fazer uma simulação de predação na qual alguns indivíduos são removidos experimentalmente. Como você já sabe o que acontece quando a população tem tamanho igual a 40 (ver item anterior), você resolve criar dois cenários: (i) remover indivíduos até deixar apenas 20 na população e (ii) remover indivíduos até deixar apenas 60 na população. Em qual desses dois cenários você espera obter um resultado diferente do observado no item (a). Justifique sua resposta e, se julgar necessário, apresente os cálculos. **(máximo de 4 linhas)**

c) Proponha um mecanismo que explique o porquê de uma população ter um tamanho mínimo sustentável. **(máximo de 6 linhas)**

5. Suponha uma área de planície costeira cuja vegetação foi completamente suprimida há décadas e que, mesmo após a interrupção de qualquer tipo de intervenção, não foi naturalmente recolonizada por espécies vegetais. Dado o contexto regional de alta fragmentação dos remanescentes próximos, uma das hipóteses levantadas para a ausência de sucessão secundária é a limitação na chegada de novos propágulos capazes de iniciar esse processo natural de sucessão ecológica. Com o objetivo de testar essa hipótese, pesquisadores propuseram um experimento de transplante de mudas típicas da planície costeira e de diferentes estágios sucessionais. Além da própria área degradada, os pesquisadores também realizaram o transplante em duas áreas naturais, na mesma região, cujas fisionomias refletem estágios do processo de sucessão secundária esperado neste tipo de vegetação: (i) a fisionomia de restinga herbácea, típica de estágios iniciais de sucessão e (ii) a fisionomia de restinga arbustiva, típica de estágios intermediários de sucessão. Após dois anos do transplante de mudas, os pesquisadores avaliaram a sobrevivência das mudas, conforme descrito na figura a seguir.



a) Considerando a hipótese inicial dos pesquisadores, qual seria sua conclusão diante dos resultados encontrados? Justifique sua resposta. (máximo de 4 linhas)

b) De acordo com o gráfico, o desempenho das espécies intermediária e tardia foi muito melhor na restinga herbácea e arbustiva do que na área degradada. O que poderia explicar esse resultado? (máximo de 6 linhas)

c) Se você fosse responsável por elaborar um projeto de recuperação da área, cujo objetivo fosse restabelecer uma fisionomia de restinga arbustiva, qual seria sua proposta? Descreva brevemente, considerando ausência de restrição orçamentária e um projeto com duração máxima de 10 anos. (máximo de 5 linhas)

6. O tamanho do efeito (E) é uma maneira de se detectar de que forma duas plantas estão interagindo e quão forte é o efeito da interação de uma sobre a outra. Para calcular o tamanho do efeito, usa-se a seguinte fórmula:

$$E = \frac{X_e - X_c}{s}$$

onde X_c é a biomassa média na situação *controle*, isto é, a biomassa de uma espécie na presença da interação com outra espécie; X_e é a biomassa média na situação *experimental*, isto é, a biomassa de uma espécie na ausência de interação com a outra; s é o desvio padrão da biomassa considerando os valores agrupados (situações *controle* e *experimental*).

Considere duas espécies de plantas, 1 e 2. Na tabela abaixo, estão expressos os valores de X_c (quando as duas espécies coocorrem), X_e (quando as duas espécies não coocorrem) e s :

	Espécie de planta 1	Espécie de planta 2
X_e	6,8	20,2
X_c	9,3	15,4
s	2,5	4,0

a) Calcule o tamanho do efeito da espécie 2 sobre a espécie 1 (E_{21}) e da espécie 1 sobre a espécie 2 (E_{12}). (máximo de 2 linhas)

b) Baseando-se no valor E calculado no item anterior, interprete qual o tipo de interação ecológica essas plantas estabelecem entre si. (máximo de 8 linhas)

MÓDULO 3

(ESCOLHA E RESPONDA **DUAS** DAS QUESTÕES ABAIXO)

7. Indivíduos da mariposa *Phanton darwinii* passam o dia pousados no tronco de árvores. O padrão de coloração clara das asas dessa mariposa se assemelha à coloração predominante dos troncos, de forma que predadores visualmente orientados (tais como aves) têm dificuldade em localizar os indivíduos. Devido à instalação de uma usina de produção de carvão vegetal, os troncos das árvores passaram a ficar cobertos por uma camada escura de fuligem. Nesses troncos escurecidos, os indivíduos de *Phanton darwinii* são facilmente detectados por predadores visualmente orientados, pois a coloração clara de suas asas os torna chamativos em relação ao substrato de repouso.

Inspirada no famoso caso das mariposas de Manchester, uma equipe de pesquisadores resolveu investigar as consequências da instalação da usina de carvão sobre a evolução da coloração das asas de *Phanton darwinii*. Para isso, os pesquisadores monitoram uma localidade perto da usina, onde o efeito da fuligem sobre a coloração dos troncos era bem evidente, e uma localidade longe da usina, onde os troncos das árvores mantinham sua coloração clara natural. Como a mariposa tem um ciclo de vida curto, os pesquisadores puderam acompanhar 50 gerações ao longo dos 5 anos de duração do estudo em campo.

a) Em qual das duas localidades (perto x longe da usina) você espera que surja o primeiro mutante com asas de coloração escura? Justifique sua resposta. **(máximo de 3 linhas)**

b) Uma vez surgido um alelo mutante que determina a expressão de asas com coloração escura, descreva o que deve acontecer com a frequência desse alelo em cada uma das duas localidades (perto x longe da usina) ao longo de 50 gerações? **(máximo de 6 linhas)**

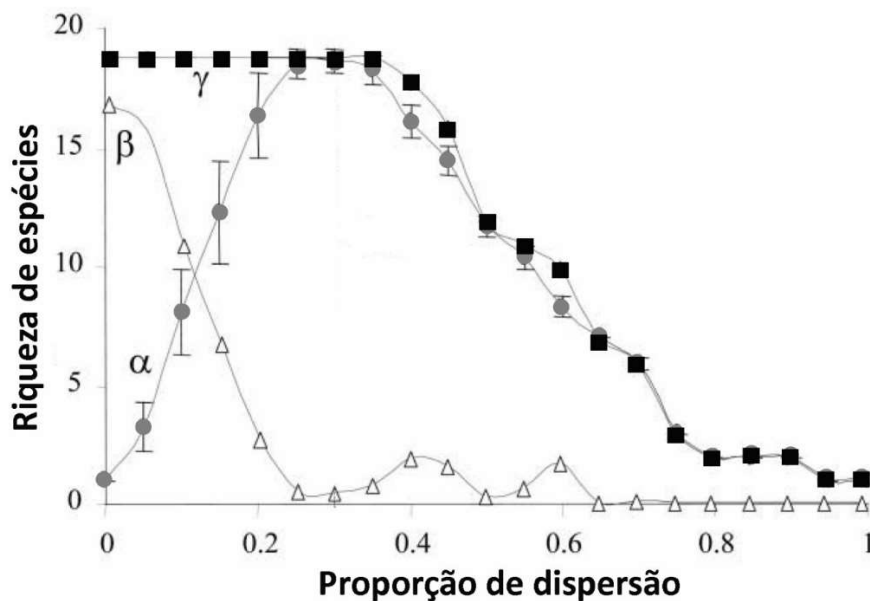
c) Enquanto o estudo acima era desenvolvido, outra equipe de pesquisa em uma região distinta descobriu que indivíduos de *Phanton darwinii* possuíam asas escuras em uma localidade perto de uma usina de carvão e asas claras em uma localidade longe de uma usina de carvão. Sem ter acompanhado as populações ao longo do tempo, os pesquisadores não podiam dizer com segurança qual processo poderia explicar o padrão encontrado. Um dos membros da equipe sugeriu a hipótese de que as diferenças entre populações se tratava de um caso de plasticidade fenotípica. Enumere os três pressupostos básicos para que ocorra evolução por seleção natural e indique qual desses três pressupostos não se aplica à hipótese de plasticidade fenotípica. **(máximo de 6 linhas)**

8. Desde as primeiras descrições de recifes de corais feitas por Darwin, os cientistas têm debatido como um dos ecossistemas mais produtivos e diversos do mundo pode prosperar no equivalente marinho de um deserto — o “paradoxo do recife”. Os produtores primários dos recifes liberam até 80% do carbono fixado na forma de matéria orgânica dissolvida (MOD). No oceano aberto, os micróbios permitem o reaproveitamento e transferência de MOD para níveis tróficos mais elevados por meio da bem conhecida *alça microbiana*. Nos recifes de corais, porém, as taxas de absorção pelos micróbios são insuficientes para explicar a ciclagem de MOD. Portanto, permanece um enigma como o fluxo de MOD, o maior recurso produzido nos recifes, é transferido para os níveis tróficos superiores. Uma hipótese recente é de que as esponjas, organismos sésseis filtradores, seriam responsáveis pela transferência de MOD da coluna d’água para níveis tróficos superiores (incluindo consumidores e decompositores). Essa via MOD-esponjas-macrofauna, conhecida como *alça das esponjas*, explicaria por que os recifes de corais persistem em mares oligotróficos (i.e., pobres em nutrientes).

Proponha um experimento para testar a hipótese da *alça das esponjas* considerando que: (1) os principais produtores primários dos recifes são os corais e algas, (2) as células filtradoras das esponjas (coanócitos) se dividem a cada 5 a 6 horas, representando o ciclo celular mais rápido dentre organismos multicelulares, (3) os coanócitos antigos são liberados massivamente na forma de detritos

na coluna d'água e no sedimento e (4) detritívoros de pequeno porte (e.g., poliquetas) são abundantes e importantes em cadeias tróficas recifais. Liste os principais resultados previstos deste experimento se a hipótese da *alça das esponjas* estiver correta. (máximo de 15 linhas)

9. Mouquet & Loreau (2003) desenvolveram um modelo de metacomunidade competitiva composta por um único nível trófico (por exemplo, produtores). Há três escalas espaciais, com níveis biológicos hierárquicos correspondentes: (1) um sítio é ocupado por um único indivíduo (por exemplo, uma árvore ou arbusto); (2) uma localidade contém vários sítios e, portanto, comporta uma comunidade; (3) a região contém diversas localidades e, portanto, comporta a metacomunidade. O modelo contempla heterogeneidade ambiental e espécies diferem em suas tolerâncias e necessidades, de tal forma que cada espécie é a melhor competidora em uma determinada localidade, a segunda melhor competidora em outra localidade, e assim por diante. A produtividade de cada espécie é proporcional à sua habilidade competitiva na localidade. Em cada cenário modelado, todas as espécies têm a mesma habilidade de dispersão, que é definida como a proporção dos propágulos que emigram a partir de cada comunidade (por exemplo, determinado cenário modela 0,2 ou 20% de todos os indivíduos em cada comunidade emigrando para outras comunidades). A figura abaixo mostra a riqueza de espécies em função da proporção de dispersão entre comunidades no modelo. Círculos cinzas representam a riqueza em cada localidade (diversidade alfa), triângulos brancos a riqueza entre localidades (diversidade beta) e quadrados pretos representam a riqueza regional (diversidade gama).



a) Explique por que diversidade alfa, beta e gama apresentam a trajetória observada ao longo do eixo de proporção de dispersão (máximo de 10 linhas)

b) Os resultados do modelo de Mouquet & Loreau (2003) apoiam ou refutam a hipótese de que comunidades são saturadas de espécies? Justifique sua resposta. (máximo de 5 linhas)