

Os bivalves invasores *Corbicula fluminea* e *Dreissena polymorpha* em Portugal: contributos da sociedade para uma gestão integrada das pestes

Atualmente verifica-se uma tendência para a homogeneização massiva do biota em resultado da quebra de muitas das barreiras geográficas que ao longo da história estruturaram a sua distribuição. A crescente e cada vez mais fácil movimentação de bens, pessoas e espécies ao longo de grandes distâncias tem contribuído para o aumento da distribuição geográfica de espécies fora da sua área nativa (espécies exóticas), sendo que algumas delas acabam por se tornar invasoras e causar impactos negativos nas zonas invadidas, quer ao nível ecológico, quer ao nível económico. Este tipo de impactos tornou absolutamente necessária a criação de mecanismos de gestão de invasões biológicas.

A gestão eficaz de espécies exóticas invasoras só é possível se a sociedade entender e aceitar as ações necessárias para proteger os recursos naturais. Para tal são cruciais ações de educação, que contribuam para a consciencialização dos cidadãos relativamente às causas e consequências do estabelecimento de espécies exóticas invasoras, bem como para a sua motivação para um papel ativo na prevenção e deteção precoce destas pestes.

Neste contexto, este artigo tem como objetivo informar, sensibilizar e contribuir para a participação pública na gestão de dois bivalves exóticos invasores dulçaquícolas - a já estabelecida em Portugal amêijoia asiática, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), e o mexilhão zebra, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), que se considera representar elevado risco de invasão no país. No âmbito deste artigo, é ainda fornecido um folheto informativo acerca destas duas espécies, que pode ser usado como apoio na divulgação dos impactos negativos e da importância do contributo da sociedade na gestão das mesmas. É também sugerida uma atividade prática que, de alguma forma, visa o treino na deteção destes bivalves. Esta atividade poderá ser integrada, por exemplo, no âmbito das aulas de Ciências Naturais e Biologia ao nível do 3º Ciclo do Ensino Básico e Secundário ou no âmbito de projetos não-curriculares.

Palavras-chave

gestão de pestes
espécies exóticas invasoras
sociedade
Corbicula fluminea
Dreissena polymorpha

Rita Garrido Gabriel¹

Ana Ré²

Fernando Gonçalves²

Joana Luísa Pereira²

Raquel Costa^{1*}

¹ CIEPQPF, Departamento de Engenharia Química, Universidade de Coimbra, Portugal.

² Departamento de Biologia e CESAM, Universidade de Aveiro, Portugal.

* raquel@cantab.net

ISSN 1647-323X

INTRODUÇÃO

A movimentação de espécies, bens e pessoas ocorre há já milhares de anos, mas nos últimos cinco séculos, e em especial desde o início do século XX, esta movimentação intensificou-se com o desenvolvimento das formas de transporte. O estabelecimento de organismos vivos em novos locais fora da(s) sua(s) área(s) nativa(s) tem provocado frequentemente alterações nos ecossistemas recetores, em particular quando as espécies em causa se tornam invasoras.

A nomenclatura usada para caracterizar espécies que se dispersam para uma área da qual não são originárias é diversa e a definição de espécie invasora não é consensual (Davis, 2009). Neste artigo, seguir-se-á a nomenclatura adotada pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2000), onde se entende por:

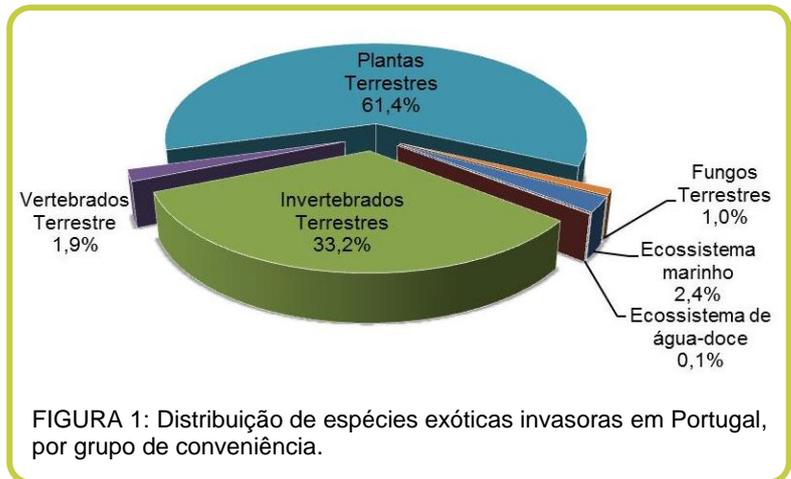
- Espécie nativa – espécie, subespécie, ou taxon inferior, que se estabelece dentro da sua área natural e de dispersão potencial.
- Espécie exótica – espécie, subespécie, ou taxon inferior, que se estabelece fora da sua área natural e de dispersão potencial, incluindo qualquer parte, gâmeta ou propágulo¹ que possa sobreviver e subsequentemente reproduzir-se.
- Espécie exótica invasora – espécie exótica que se estabelece num ecossistema natural ou semi-natural, sendo um agente de mudança e ameaça à biodiversidade nativa.

Para se tornar invasora num ecossistema, qualquer espécie aí introduzida terá que ultrapassar uma série de barreiras ecológicas e ambientais que estão subjacentes ao processo de invasão. Devido à complexidade deste processo e ao grande número de variáveis que o influencia (p.ex. características da espécie invasora, do ecossistema invadido e interações com as espécies nativas (Lockwood et al., 2006)), a sua descrição também não é consensual e aqui será adotada a interpretação de Davis (2009). Segundo este autor, um processo de invasão biológica pode ser sintetizado em 3 grandes fases: (i) dispersão, (ii) estabelecimento e (iii) persistência e expansão. O primeiro desafio de uma espécie potencialmente invasora é a sobrevivência ao transporte e à chegada ao novo ecossistema, sendo que estes dois eventos caracterizam a fase de dispersão. A maioria das espécies não é bem-sucedida nesta fase, mas as que o são enfrentam outro desafio – o estabelecimento. Para se estabelecerem com sucesso na nova área, têm que ser capazes de sobreviver e de se reproduzirem utilizando os recursos aí disponíveis. Os indivíduos que se conseguem estabelecer produzem propágulos que enfrentarão os mesmos desafios da geração anterior. Os desafios repetem-se em todas as gerações e se a espécie for capaz de os ultrapassar, de geração em geração, persistirá e poderá difundir-se naquilo que pode ser definido como a fase de persistência e expansão.

As espécies exóticas invasoras podem provocar alterações profundas na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas (Huenneke, 1997; Lodge, 1993; Vitousek, 1990; Vitousek et al., 1987), ser vetores de transmissão de doenças e ainda responsáveis por grandes impactos económicos, sobretudo em microempresas como os produtores primários de agricultura, criação de animais e silvicultura (CE, 2013).

¹ Qualquer estrutura de um ser vivo capaz de permitir a propagação do mesmo.

Apesar da crescente consciência acerca dos impactos das invasões biológicas e preocupação em minimizá-los, esta problemática tende a permanecer à escala global. Na Europa, segundo a base de dados **Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE)**, estão presentes 12122 espécies exóticas, 28% das quais podem ser encontradas em Portugal, a esmagadora maioria terrestres (Figura 1). Sendo certo que



nem todas estas espécies são invasoras, estima-se que cerca de 15% sejam potencialmente perigosas para a biodiversidade europeia e que os custos anuais causados pelas espécies exóticas invasoras só na União Europeia sejam de, pelo menos, 12 mil milhões de euros (CE, 2013). A amêijoia asiática *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) e o mexilhão zebra *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (Figuras 2 e 3), dois bivalves *biofoulers*², integram a lista das 100 piores espécies exóticas identificadas pelo portal DAISIE.

A amêijoia asiática é nativa do sudeste asiático e atualmente coloniza vários ecossistemas americanos e europeus (Beasley et al., 2003). Em Portugal, pode ser encontrada em todas as regiões hidrográficas com exceção das bacias dos rios Cávado, Ave e Leça (Rosa et al., 2011a). A sua introdução num novo local representa uma séria ameaça tanto à biodiversidade como à função do ecossistema, com consequências nos fluxos tróficos, ciclos biogeoquímicos e diversidade e abundância de bivalves nativos (Araujo et al., 1993; Williams, et al., 1993; Strayer, 1999). Para além dos efeitos nefastos nos ecossistemas, esta peste causa também problemas significativos em contexto industrial, incluindo o bloqueio e favorecimento da corrosão de tubagens, sistemas de captação de água e outros equipamentos, como permutadores de calor, bombas e válvulas (mais informação acerca dos impactos económicos e ecológicos desta espécie pode ser encontrada em Rosa et al. (2011a, 2011b)).



FIGURA 2: Amêijoia asiática, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774).



FIGURA 3: Mexilhão zebra, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (Fonte: U.S.GeologicalSurvey).

O mexilhão zebra, sendo nativo das bacias hidrográficas dos mares Negro, Cáspio e Aral, pode hoje em dia ser encontrado praticamente por toda a Europa. Não estando ainda presente em águas nacionais, esta espécie já chegou à vizinha Espanha, invadindo 7 rios em menos de 10 anos (Durán et al., 2010). Assim, a sua chegada a Portugal e uma dispersão igualmente explosiva não deverão tardar. Os impactos ambientais e industriais do mexilhão zebra são semelhantes aos da amêijoia asiática, mas a severidade dos danos causados por esta peste tem tendência a ser mais elevada devido à sua capacidade de se fixar a estruturas através do bisso³.

² Organismos capazes de se acumularem de forma indesejada em estruturas submersas ou húmidas.

³ Conjunto de filamentos segregados por alguns bivalves que lhes permite fixarem-se a substratos duros.

Apesar do problema das invasões biológicas ser amplamente discutido científica e institucionalmente, nomeadamente a nível da Comissão Europeia, e do reconhecimento das consequências resultantes da infestação por amêijoia asiática e mexilhão zebra, em Portugal ainda não está implementado qualquer programa de gestão para lidar com a disseminação da primeira e com a chegada iminente do segundo. O objetivo deste artigo é contribuir para a implementação de tal programa, focando-se na análise do papel e da contribuição que a sociedade aí pode assumir. Assim, na seção que se segue, revêem-se os fundamentos e pilares de programas integrados de gestão de espécies exóticas invasoras. Esta revisão permite contextualizar o papel da sociedade nos mesmos. Depois, é discutida a contribuição que o cidadão comum pode dar para minimizar a dispersão e impactos da amêijoia asiática e do mexilhão zebra em Portugal. Por fim, é proposta uma atividade prática que pretende encorajar a adoção do papel ativo que todos podemos e devemos assumir neste contexto.



GESTÃO DE ESPÉCIES INVASORAS: OS PILARES DA GESTÃO INTEGRADA

As ameaças reais e substanciais à saúde humana, o grande dano económico e muitas consequências ecológicas indesejáveis fomentaram o aumento dos esforços para gerir a difusão e o impacto de espécies exóticas (Davis, 2009). Assumindo como objetivo último a preservação e recuperação dos ecossistemas invadidos, o tratamento desta problemática envolve duas abordagens: prevenção e mitigação. Wittenberg e Cock (2001) dividem estas duas abordagens em quatro estratégias de gestão fundamentais:

- Prevenção das introduções de espécies exóticas com potencial invasor
- Deteção precoce das espécies exóticas invasoras em novos ecossistemas invadidos
- Erradicação das espécies exóticas invasoras
- Controlo das espécies exóticas invasoras, quando se verifica que a erradicação é inviável ou impossível

Seguem-se algumas considerações em relação a cada uma destas estratégias.

Prevenção

Uma das premissas sobre a qual assenta a necessidade de prevenção é a de que, assim que uma espécie exótica se estabelece, em particular a partir do momento em que se torna invasora, é extremamente difícil erradicá-la, e enfrentar-se-ão os custos de minimização dos impactos durante um longo período de tempo, se não para sempre (Wittenberg e Cock, 2001). Deste modo, prevenir a introdução de espécies exóticas com potencial invasor em novos locais é, regra geral, a estratégia de gestão que acarreta uma relação custo-benefício mais favorável (McNeely et al., 2001, Carlton e Ruiz, 2005). No entanto, dado o grande número de mecanismos de dispersão/transporte e de vias de introdução que necessitam ser monitorizadas (Davis, 2009), a aplicação de medidas de prevenção representa custos que também não devem ser desprezados (Keller et al., 2008).

No contexto da prevenção seguem-se geralmente 3 linhas para travar futuras invasões (Wittenberg e Cock, 2001): interceção de espécies exóticas, tratamento dos materiais que poderão estar contaminados com espécies exóticas e proibição do transporte de determinadas mercadorias de acordo com a legislação nacional e internacional.

As vias de transporte e introdução tendem a ser determinantes para a rapidez com que é alargada a distribuição de uma espécie fora da sua área nativa. Assim, a prevenção deve apostar na identificação dos

vetores de introdução e dispersão, bem como na monitorização e controlo destas vias como ponto de partida. A concentração de esforços nos locais onde é mais provável ocorrer a introdução permite intercetar mais eficazmente a entrada da(s) espécie(s) em causa. Porém, na prática, não é possível intercetar todas as espécies transportadas ou proibir todo o comércio de mercadorias com potencial para fomentar o transporte de espécies exóticas. Assim sendo, é necessário definir prioridades para os procedimentos de inspeção.

Apesar da legislação portuguesa referente às espécies exóticas invasoras (Decreto-Lei nº 565/99 de 21 de Dezembro) não prever ainda a atuação ao nível das vias de introdução, a proposta de regulamento europeu relativo à prevenção e gestão da introdução e propagação de espécies exóticas invasoras (CE, 2013) é claro neste ponto, indicando a necessidade de cada Estado-Membro proceder à análise abrangente das vias de introdução e propagação não intencionais no seu território, bem como à identificação das vias que exigem ação prioritária e à criação de planos de ação de controlo dessas vias.

O ponto de partida da definição das prioridades a nível de ações preventivas será distinguir espécies exóticas potencialmente perigosas das inócuas, criando listas rigorosas que identifiquem e caracterizem espécies que podem e que não podem ser livremente importadas, bem como a legislação adequada que restrinja a importação livre das potencialmente perigosas. Ao nível da legislação nacional, no Decreto-Lei acima mencionado, encontra-se uma lista de espécies que representam algum risco ecológico e por isso não podem ser importadas, comercializadas, utilizadas, nem libertadas para o ambiente, salvo raras exceções (por exemplo, quando existam vantagens inequívocas para o Homem ou para as biocenoses naturais). Por seu turno, a Comissão Europeia defende uma resposta integrada e abrangente a esta problemática, prevendo por isso a criação de uma lista de espécies exóticas invasoras que suscitem preocupação na União Europeia (CE, 2013). A Comissão Europeia deixa ainda uma advertência para a necessidade da proibição da libertação intencional também de espécies que, podendo não constar nessa lista, sejam consideradas capazes de induzir impactos negativos significativos decorrentes da sua libertação e propagação, mesmo que estes não estejam totalmente comprovados (CE, 2013). De forma a salvaguardar algumas atividades que envolvem espécies exóticas invasoras (como jardins botânicos, estufas, viveiros, hortos, lojas de plantas, jardins, parques zoológicos, safaris, circos e outras atividades de exibição de animais selvagens, aquários ou lojas de animais), a lei prevê a emissão de licenças para deter este tipo de espécies, desde que sejam cumpridos os requisitos mínimos de segurança que impeçam a evasão ou disseminação.

Para prevenir as introduções acidentais deve efetuar-se a descontaminação, inspeção ou restrição ao comércio de mercadorias específicas avaliadas como sendo de alto risco. E, se estas medidas não forem suficientes, poderá ser considerada a proibição de comercialização de produtos específicos, vindos de determinadas regiões ou transportadas através de determinadas vias de transporte, tendo como base as normas internacionais criadas para o efeito. Apesar de a legislação portuguesa ainda não prever este tipo de proibição com base no risco de invasão biológica, a proposta de regulamento europeu já mencionada (CE, 2013), dá liberdade aos Estados-Membros para a aplicação de um conjunto de medidas proibitivas de emergência desde que haja provas relativas à presença ou perigo iminente de introdução de uma espécie exótica invasora que não esteja incluída na lista acima referida.

A educação pública é uma componente chave para o sucesso da prevenção e dos métodos de gestão. A legislação que visa prevenir as introduções de espécies exóticas é muitas vezes desconhecida pelas pessoas que viajam e agentes de comércio. Deste modo, deverão ser feitas campanhas de sensibilização e informação acerca das razões por detrás dessas medidas preventivas e dos riscos associados à sua ineficácia, de modo a que o público e as empresas afetadas não vejam estas medidas como um incómodo arbitrário mas como um conjunto de cuidados necessários (Wittenberg e Cock, 2001).

Deteção precoce

Após a chegada de uma espécie exótica invasora a um novo local, existe um curto período de tempo em que é possível erradicá-la com sucesso (Wittenberg e Cock, 2001). Este período depende da interação da espécie com o ecossistema, da forma de introdução, da possibilidade de mediação da dispersão da espécie por ação humana, entre outros fatores (vide abaixo, tópico 'Erradicação'). Findo esse período, a espécie estabelece-se e dispersa-se, sendo apenas possível restringi-la a um local específico ou a densidades relativamente baixas (Davis, 2009). Deste modo, a deteção precoce da espécie no novo local é fundamental.

A deteção precoce de espécies exóticas invasoras é naturalmente alicerçada em programas de monitorização que, de acordo com os seus objetivos específicos, podem ser agrupados em 3 tipos (Wittenberg e Cock, 2001):

- Monitorização geral – efetuada por qualquer pessoa capaz de identificar potenciais espécies exóticas invasoras, durante as suas atividades do dia-a-dia ou atividades recreativas ao ar livre, não tendo como alvo um local ou uma espécie em particular.
- Monitorização em locais específicos – efetuada por pessoal especializado, capaz de identificar as potenciais espécies exóticas invasoras, em locais com elevado interesse para a conservação da natureza ou em pontos de introdução de elevado risco; tem como objetivo impedir o estabelecimento de espécies exóticas ou documentar os impactos de espécies exóticas invasoras estabelecidas, cujo controlo está limitado ou é inviável.
- Monitorização de espécies específicas – efetuada por pessoal especializado, capaz de identificar a espécie exótica de interesse de entre espécies semelhantes presentes no ecossistema, em locais com as características necessárias para o seu estabelecimento; tem como alvo espécies com reconhecido comportamento invasor noutros locais com condições semelhantes às do local a monitorizar, ou espécies que foram erradicadas anteriormente e apresentam risco de reintrodução.

Qualquer um dos tipos de monitorização acima referidos só será eficaz se os intervenientes conseguirem aceder ao habitat da espécie em causa e distinguir as espécies exóticas das espécies nativas pertencentes ao mesmo *taxon* ou ao mesmo grupo funcional (que poderão por isso ser morfologicamente semelhantes). Para isso, é necessário que os programas de monitorização sejam projetados de forma cuidada, usando métodos específicos, desenvolvidos e adaptados para cada situação (Gabriel et al. 2013) apresenta detalhes acerca do desenvolvimento de métodos de monitorização de bivalves invasores). Ainda que estes programas possam não ter como objetivo a recolha de dados científicos, deverão ser organizados de modo a fornecerem informação relevante para a avaliação da eficácia de medidas preventivas que se tenham aplicado, bem como a informarem de forma rigorosa a nível nacional e internacional acerca da presença,

distribuição, densidade populacional e impactos visíveis das espécies exóticas invasoras em causa, auxiliando deste modo a implementação de medidas preventivas noutros locais.

Tal como no caso da prevenção, a deteção precoce eficaz e abrangente só é possível com a participação de intervenientes devidamente informados e proactivos. Existem dois grandes grupos de intervenientes que podem contribuir de forma crucial para a criação de um sistema de alerta precoce: por um lado, aqueles cuja função seja garantir o funcionamento de mecanismos de alerta precoce a nível nacional (organizações governamentais e não governamentais ligadas à conservação da natureza); e por outro, todos os que poderão avistar espécies exóticas invasoras durante as suas atividades (sociedade em geral, agricultores, jardineiros, pescadores, ecologistas e grupos ambientais, guias turísticos, instrutores de mergulho, clubes de montanhismo, estudantes em contexto de educação formal e não formal, etc.). Algumas das formas de despertar o interesse e informar o segundo grupo de intervenientes incluem a sensibilização para a problemática através dos meios de comunicação social, acesso gratuito e fácil a guias práticos que permitam a identificação das espécies e a promoção de saídas de campo a locais afetados por espécies exóticas invasoras.

Deve vincar-se que o valor da deteção precoce depende, em última análise, da capacidade e empenho das entidades competentes na resposta rápida à deteção (Davis, 2009). Para que essa resposta rápida possa ser dada, aumentando assim a taxa de sucesso das ações subsequentes de erradicação e/ou controlo, é fundamental que haja um documento escrito por especialistas, voluntários e organizações associadas à conservação da natureza, que indicará as medidas a adotar em caso de avistamento, ou seja, um plano de contingência (Wittenberg e Cock, 2001). Numa primeira fase, os planos de contingência são bastante generalistas, identificando princípios gerais, responsabilidades e possíveis partes interessadas que precisarão ser reunidas para elaborar um plano de ação detalhado em resposta a um evento específico. Ao longo do tempo, poderá ser adicionada informação específica para determinadas espécies potencialmente invasoras ou grupos de espécies identificadas como de alto risco, tornando o plano de contingência mais detalhado. Por exemplo, o plano de contingência de uma determinada planta exótica invasora poderá indicar que, após o avistamento, esta deverá ser arrancada, colocada num recipiente que impeça a disseminação de sementes ou outros propágulos, e levada para quarentena e posterior incineração; ou, por exemplo, poderá indicar que, após o avistamento, pessoal especializado deverá aplicar herbicida previamente preparado e armazenado num local especificado nesse documento.

A legislação portuguesa atual não regula ações que permitam a deteção precoce de espécies exóticas invasoras. No entanto, e como forma de incentivar os Estados-Membros a detetarem precocemente a entrada de espécies exóticas invasoras no seu território, a proposta de regulamento europeu acima mencionado (CE, 2013) indica a necessidade da criação de um sistema oficial de vigilância para a recolha e o registo de informações sobre a ocorrência de espécies exóticas invasoras na União Europeia. As informações recolhidas no âmbito de controlos oficiais devem ser utilizadas conjuntamente com os sistemas de vigilância para apoiar a deteção precoce da introdução ou presença de espécies que suscitam preocupação.

Erradicação

A forma mais eficiente de prevenção dos danos ecológicos e económicos causados por espécies exóticas invasoras é a erradicação da(s) população(ões) (Davis, 2009). Porém, para que este tipo de ações sejam

bem-sucedidas, é fundamental ter em consideração que o crescimento das populações destas pestes varia ao longo do tempo e, em condições favoráveis, é exponencial. Assim, a eliminação da(s) população(ões) enquanto a sua densidade é baixa será muito mais eficiente do que após o seu crescimento significativo. Pequenas populações são frequentemente chamadas de focos nascentes de invasão. A sua deteção é o eixo central para o sucesso desta abordagem (Davis, 2009) tornando-se crucial que os sistemas de alerta precoce sejam eficazes (Witenberg et al., 2001).

A definição de um valor de referência para a densidade populacional a partir do qual a erradicação já não é possível depende de muitos fatores (relacionados fundamentalmente com a biologia da espécie em causa, e com as características do ecossistema invadido), mas alguns autores já se debruçaram sobre esta questão e concluíram sobre este valor. Por exemplo, Rejmánek e Pitcairn (2002) concretizaram este valor para plantas exóticas invasoras na Flórida, concluindo que, normalmente, é possível erradicar uma população de plantas invasoras se esta ocupar menos de 1 ha. Estes autores sugeriram ainda que poderá ser possível erradicar populações que ocupem áreas entre 1 e 100 ha, mas que a erradicação em áreas invadidas superiores a 100 ha muito dificilmente será eficaz.

Devido aos custos elevados que a erradicação pode envolver, é fundamental que a decisão de se avançar com um determinado programa deste tipo seja consciente, sendo necessário não só garantir que é de facto possível erradicar a espécie ao implementar o planeado, como também avaliar a capacidade de mobilização de todos os recursos necessários. Em geral, neste contexto, devem ser considerados não só os custos associados às medidas de erradicação em si, mas também a disponibilidade de fundos para monitorizar o sistema intervencionado a curto e longo prazo, bem como para responder rapidamente a uma potencial reintrodução. Por exemplo, a erradicação bem-sucedida do rato-almiscarado, *Ondatra zibethicus* e do nutria, *Myocastorcoypus* na Grã-Bretanha (GoslingeBaker, 1989; Gherardi e Angiolini, 2004) e de javalis (*Sus scrofa*) na Ilha de Santa Cruz, Florida (Morrison et al., 2007) envolveram a implementação de planos de monitorização e de captura exaustivos, metuculosos, bem organizados e dispendiosos.

Normalmente, os planos de erradicação envolvem o uso de vários métodos de mitigação de forma integrada, de acordo com a espécie a erradicar e com o ecossistema em causa. Quando aplicado em ecossistemas naturais, qualquer método de mitigação, por mais seletivo que seja, poderá causar impactos negativos no biota que partilha o habitat com a espécie exótica invasora. Estes impactos deverão ser tidos em conta, promovendo uma discussão aberta e a participação da sociedade durante o processo de seleção dos melhores métodos de mitigação, sempre que for possível (Wittenberg e Cock, 2001). A proposta de regulamento que tem vindo a ser referida (CE, 2013) indica a necessidade de aplicação de medidas de recuperação que reforcem a capacidade de resistência, absorção, adaptação e recuperação do ecossistema relativamente aos efeitos provocados pelas perturbações impostas. Devem ainda ser aplicadas medidas que garantam a prevenção de nova invasão após uma campanha de erradicação.

Ao nível legislativo, segundo a Proposta de Regulamento referida (CE, 2013), os Estados-Membros deverão aplicar medidas de erradicação num prazo de 3 meses após a deteção precoce de uma espécie exótica invasora. A Comissão Europeia deve ser notificada e os demais Estados-Membros informados acerca da eficácia das medidas adotadas e do momento em que a erradicação tiver sido alcançada. Se for concluída a inviabilidade da erradicação, esta deve ser comprovada à Comissão Europeia, que decidirá a aprovação ou

rejeição da derrogação da obrigação de aplicação destas. Se a derrogação for aprovada, a espécie deve ser sujeita a medidas de confinamento (CE, 2013).

A erradicação de mamíferos, principalmente aqueles com que os humanos se identificam, é particularmente suscetível a movimentos de oposição e, muitas vezes, os métodos propostos são alvo de discussão e discórdia. As organizações defensoras dos direitos dos animais já impediram a tomada de ações de erradicação, como por exemplo nos casos de cavalos e gatos selvagens nos Estados Unidos da América (Wittenberg e Cock, 2001). Torna-se assim importante que a sociedade seja informada acerca dos impactos negativos da espécie exótica invasora, quais são os métodos mais eficazes do ponto de vista científico para gerir a invasão, devendo ficar claro, nos casos em que se aplique, que a erradicação é a única possibilidade de reabilitar completamente o ecossistema invadido.

Controlo

Quando a prevenção e a deteção precoce falham e a erradicação da espécie não é viável, é necessário aplicar medidas de gestão que permitam diminuir a densidade da população, a área de distribuição e/ou os impactos negativos das espécies exóticas invasoras.

A legislação portuguesa não prevê a aplicação de medidas de controlo de espécies exóticas invasoras. Pelo contrário, a proposta de regulamento europeu (CE, 2013) indica a necessidade da implementação de medidas de controlo 12 meses após a inclusão de espécies exóticas invasoras na lista referida nas secções anteriores.

Manter um ecossistema afetado num determinado nível de infestação requer a aplicação periódica de medidas de controlo, para além da constante monitorização do estado do ecossistema. Após a aplicação de medidas de confinamento das espécies a um dado local ou a uma determinada densidade populacional, verifica-se a regressão da infestação; no entanto, é necessário ter presente que, normalmente, se a aplicação das medidas cessar, o nível de infestação voltará a aumentar. Assim, o plano de controlo tem que perdurar para assegurar que o nível de impactos, área de distribuição e densidade populacional se mantêm em valores considerados aceitáveis do ponto de vista ecológico e económico. Um bom exemplo ilustrativo da necessidade de fazer perdurar os esforços de controlo é o do esquilo cinzento (*Sciurus carolinensis*) em Itália. Em 1996 esta espécie estava em franca expansão, com uma população estimada de 2500 a 6400 indivíduos (Wittenberg e Cock, 2001). Após a tomada de consciência da urgência da remoção deste invasor, em 1997, o Instituto Nacional da Vida Selvagem italiano, em cooperação com a Universidade de Turin, formulou um plano de contingência, que foi posteriormente enviado e aceite pela maioria das organizações não-governamentais com maior relevância no tema. Do plano de contingência fazia parte o seguinte protocolo: 1) captura de esquilos vivos através de armadilhas para evitar impactos negativos em organismos não-alvo; 2) monitorização das armadilhas para reduzir o tempo de captura, 3) anestesia e subsequente eutanásia dos animais (Wittenberg e Cock, 2001). Este plano teve início em Maio de 1997 e os resultados preliminares eram promissores - nos primeiros 8 dias de captura em Racconigi, mais de 50% da população foi capturada e eliminada (Wittenberg e Cock, 2001). Apesar de o procedimento de captura e eutanásia ter cumprido os princípios básicos relativos ao bem-estar animal, grupos radicais defensores dos direitos dos animais opuseram-se ao projeto, organizando pequenas manifestações locais. Em Junho de 1997 moveram uma ação judicial e o projeto foi suspenso. O processo judicial foi concluído em Julho de

2000, com a completa absolvição do Instituto, mas a cessação de qualquer medida de controlo durante esses três anos causou o falhanço de toda a campanha (Bertolino e Genovesi, 2003).

Apesar da aplicação de uma medida de controlo se poder refletir imediatamente no ecossistema (por exemplo, se esta for a remoção manual de organismos invasores presentes numa determinada área) e de essa medida por si só envolver um custo menor do que o custo de um programa de erradicação, a longo prazo, o controlo acaba por ser mais dispendioso do que a erradicação porque requer a aplicação constante de medidas corretivas (uma vez que no final do programa de erradicação todas os indivíduos da espécies foram eliminados, não é necessária a aplicação de outras medidas para além da monitorização para prevenir a reintrodução). Muitas vezes, devido a esta perceção errada de poupança e à visualização mais imediata de efeitos, as metodologias de controlo são a estratégia preferida. No entanto, a decisão da aplicação de um plano de controlo para lidar com uma espécie exótica invasora deve ser sustentada pela impossibilidade de recorrer a métodos preventivos ou de erradicação, bem como deve ter em consideração os impactos possíveis em organismos não-alvo e os fundos disponíveis tal como discutido na secção anterior referente às medidas de erradicação.



A CAMINHO DA GESTÃO INTEGRADA DA AMÊIJÔA ASIÁTICA E DO MEXILHÃO ZEBRA EM PORTUGAL: O PAPEL DA SOCIEDADE

(i) Enquadramento dos contributos do cidadão comum para a gestão das pestes

Tal como referido anteriormente, não se encontra implementado em Portugal qualquer tipo de esforço concertado para fazer face à introdução e dispersão dos invasores amêijoa asiática e mexilhão zebra. A primeira encontra-se em franca expansão nas águas nacionais e a chegada do segundo ao país estará provavelmente iminente (Durán et al., 2010). Urge, assim, a definição e implementação de um programa de gestão integrado direcionado a estas espécies. Tal programa deve assentar nos quatro pilares discutidos na secção anterior e ser coerente com as mais recentes orientações da Comissão Europeia nesta matéria (CE, 2013).

Qualquer programa integrado, a nível nacional, destinado à gestão dos dois bivalves invasores será primeiramente da responsabilidade de entidades governamentais e ambientais. Porém, o cidadão comum poderá, e deverá, desempenhar um papel crucial nesses esforços de gestão. Na linha do referido na secção anterior, justificam-se contributos da sociedade ao longo dos quatro eixos de gestão de pestes, sendo esses contributos particularmente relevantes no contexto da prevenção da introdução de *D. polymorpha* e da dispersão dos dois bivalves nas águas nacionais, bem como da deteção precoce de infestações em novas áreas. Ao nível da prevenção, a contribuição da sociedade passa pelo respeito consciente e informado pelas normas e legislação relevantes e pela não adoção de comportamentos de risco, assunto discutido na secção (iii) abaixo. No âmbito da deteção precoce, é importante conceber um programa de gestão que beneficie do cidadão comum enquanto agente de monitorização, assunto abordado na secção (iv) abaixo. Ao enquadrar o papel da sociedade num programa de gestão, a consciencialização do cidadão surge como um pré-requisito essencial, tal como discutido na secção seguinte.

(ii) Consciencialização das populações

O desconhecimento da problemática das espécies exóticas invasoras em geral, e da amêijoia asiática e do mexilhão zebra em particular, leva a que, frequentemente, as pessoas contribuam involuntariamente para a sua dispersão durante as suas atividades quotidianas, como por exemplo a movimentação de material de pesca a partir de zonas já infestadas ou o transporte entre áreas distintas mediado por atividades de aquariofilia (vide secção abaixo).

O grau de participação da sociedade na problemática das espécies exóticas invasoras depende da perceção que esta tem do problema, sendo que esta é influenciada por fatores demográficos, sociais e culturais (Witmer et al., 2009). No caso específico da amêijoia asiática e do mexilhão zebra em Portugal, não existe um estudo acerca da capacidade de identificação e da perceção que a sociedade portuguesa possui destas espécies. O trabalho de Rosa et al. (2011a) que concluiu que nem as entidades nacionais responsáveis nem as instalações industriais que já verificaram a presença de amêijoia asiática tomaram medidas no sentido de minimizar a sua dispersão e os seus impactos. Assim, será pouco provável que a sociedade esteja devidamente informada acerca de qualquer uma destas espécies. Torna-se portanto necessário reforçar as ações de informação e motivação que conduzam à participação ativa e coordenada na gestão destas pestes. Exemplos de ações deste tipo serão as campanhas de sensibilização para os impactos das espécies; programas de formação e saídas de campo acompanhadas por pessoal especializado, demonstrando no terreno como se procede à correta identificação e recolha dos espécimes para posterior comunicação dos avistamentos; campanhas de informação acerca dos principais comportamentos de risco que poderão levar à introdução acidental ou ao aumento da dispersão de amêijoia asiática e do mexilhão zebra; e distribuição gratuita de panfletos e outro material informativo.

(iii) Contributos para a prevenção da introdução e dispersão dos bivalves

Os contributos do cidadão comum para a prevenção da dispersão da amêijoia asiática e do mexilhão zebra assentam, no essencial, no cumprimento informado da legislação relevante, na linha do referido anteriormente, e na adoção de uma série de comportamentos que minimizam o potencial de introdução das espécies em novas áreas.

A dispersão destas espécies dá-se, em larga medida, através de atividades recreativas como passeios de barco, pesca e mergulho. Assim, algumas medidas de gestão preventiva ao alcance de cada um passam por:

- Nunca esvaziar baldes de isco numa massa de água diferente daquela onde se obteve o isco. O isco não usado deve ser descartado no lixo.
- Nunca transferir peixes vivos de uma massa de água para outra.
- Remover todos os fragmentos de plantas e lavar lama ou detritos dos equipamentos e material que tenha estado em contacto com a água antes de deixar a área (em locais de risco de invasão por mexilhão zebra deve-se ter particular atenção à limpeza das superfícies).
- Escorrer toda a água do barco antes de deixar o local de atracagem.
- Tomar cuidados extraordinários quando se mantêm estas espécies como ornamentais em aquários, que passam quer por não descartar adultos vivos em massas de água natural, quer por assegurar que não são descartadas larvas e/ou juvenis vivos aquando da manutenção dos aquários.
- Nunca utilizar massas de água naturais como viveiros destas espécies.

(iv) Contributos para a deteção precoce e monitorização de invasões

Tal como referido anteriormente, é extremamente importante a deteção precoce de novas introduções e a atuação rápida mediante elas. No entanto, a deteção de uma invasão nas primeiras fases implica monitorização constante dos locais de maior risco e, conseqüentemente, a mobilização de bastante mão-de-obra. O envolvimento da sociedade nestas ações de monitorização, sob a forma de voluntariado e baseado na consciência cívica, poderá permitir a sinalização rápida de introduções recentes de *C. fluminea* e *D. polymorpha* e o acompanhamento da progressão espacial das invasões. Em Portugal foi recentemente disponibilizada uma plataforma de suporte à participação da sociedade na monitorização de bivalves invasores, no endereço web <http://bivalves-invasores.uc.pt>.

O envolvimento do público não-especialista na monitorização de bivalves invasores desenrola-se em torno de 3 ações essenciais: **aprender, procurar, comunicar** (Figura 4). Nos parágrafos seguintes, sistematiza-se a informação necessária para a operacionalização destes 3 passos.

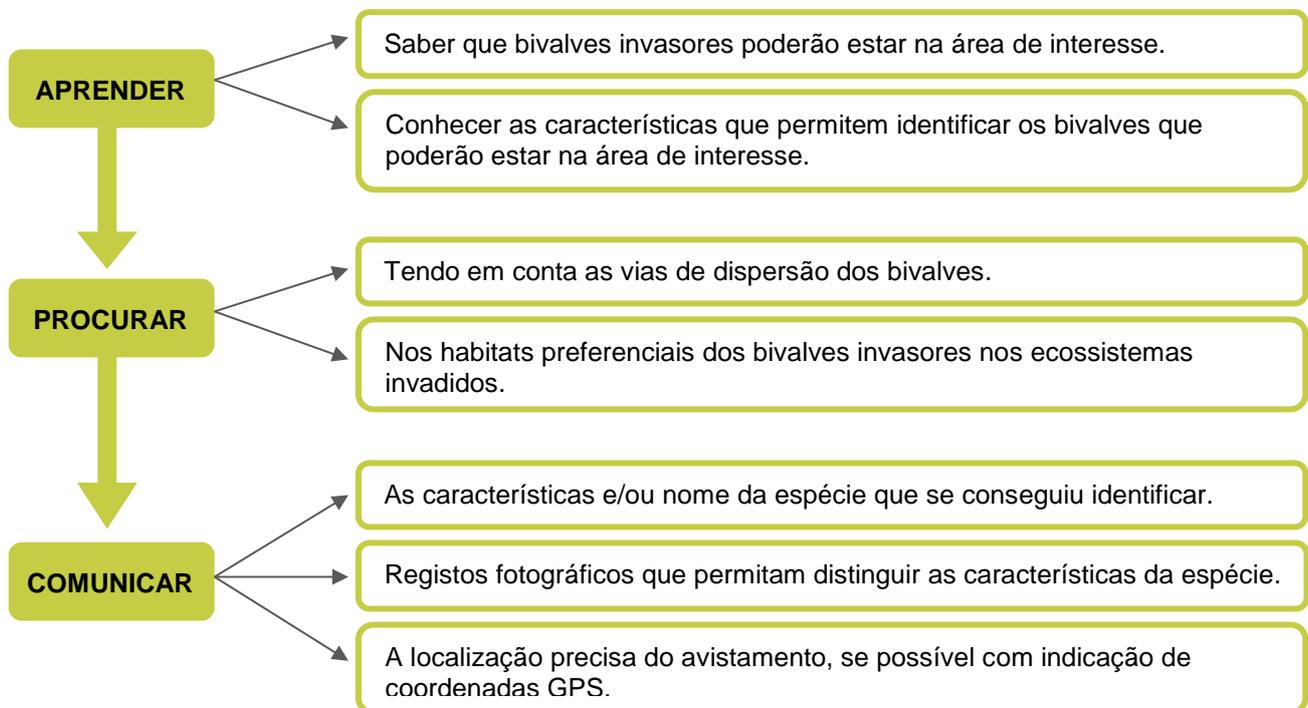


FIGURA 4: Passos essenciais para o envolvimento do público não-especialista na monitorização de bivalves invasores.

• Identificação dos bivalves (ação APRENDER)

Amêijoia asiática

NOME CIENTÍFICO: *Corbicula fluminea*.

CARACTERÍSTICAS: **Tamanho:** Concha registando comprimentos de 1 a 3 cm.

Forma: Concha triangular e robusta (espessa e resistente). As cristas da superfície externa da concha desenvolvem-se concêntricamente (Figura 5). No interior da concha possui 3 dentes cardinais e 2 laterais serrados (vide Rosa et al. (2011b)



FIGURA 5: Aspeto exterior da amêijoia asiática.

para mais detalhes morfológicos). **Cor:** Desde concha amarelada até castanha escura, frequentemente erodida na zona do umbo.

DISTRIBUIÇÃO: Habitat: Pode ser encontrada em lagos, canais, rios, albufeiras e zonas de influência ligeira de maré. Prefere água doce corrente e substrato heterogéneo com areia, pedras e rochas e evita zonas de sedimentos muito finos e com correntes fortes, mas tolera facilmente outro tipo de substratos, particularmente os lodosos (Rosa et al., 2011b). **Área de distribuição nativa:** Nativa do sudeste da China, Coreia e sudeste da Rússia. **Distribuição em Portugal:** Presente em todas as regiões hidrográficas nacionais com exceção das bacias dos rios Cávado, Ave e Leça (Rosa et al., 2011b). **Outros locais invadidos:** Distribuição bastante alargada nos continentes Americano e Europeu.

MECANISMOS DE DISPERSÃO E DISTRIBUIÇÃO: Transporte e introdução por sociedades migrantes que exploram a espécie como item alimentar (Sousa et al., 2008), transporte nas águas de lastro das embarcações, introdução para fomentar atividades piscatórias - usadas como isco - e/ou dispersão derivada de atividades de aquariofilia (Schmidlin e Baur, 2007; Sousa et al., 2008). Os juvenis podem ainda ser transportados suspensos na corrente ou através de aves marinhas e peixes (Prezant e Chalermwat, 1984; Schmidlin e Baur 2007).

IMPACTOS NEGATIVOS: Ecológicos: A amêijoia asiática tem uma grande capacidade de filtração e, tipicamente, apresenta elevada densidade populacional, podendo tornar-se num dos principais consumidores de fitoplâncton (McMahon, 2000), competindo por alimento e espaço com outros organismos herbívoros filtradores planctónicos e bentónicos (Strayer, 1999). Assim sendo, a sua introdução num novo local representa uma séria ameaça tanto à biodiversidade como à função do ecossistema, com consequências para a cadeia alimentar, ciclos biogeoquímicos e diversidade e abundância de bivalves nativos (Araujo et al., 1993; Williams et al., 1993; Strayer, 1999). Tem capacidade para acumular contaminantes, assim sustentando a sua biomagnificação através da cadeia alimentar. **Económicos:** As unidades utilizadoras de água proveniente de fontes infestadas tendem a sofrer *biofouling* nos seus equipamentos e tubagens por parte de populações instaladas de amêijoia asiática. As amêijoas de menor diâmetro são levadas para dentro das instalações industriais através da captação de água, acumulam-se nas condutas e tapam aberturas de pequeno diâmetro como tubos de condensadores, filtros e linhas de proteção contra incêndio (McMahon, 1977; Isom, 1986; Potter e Liden, 1986; Smithson, 1986). As indústrias mais afetadas são as da geração de energia (termoeléctricas, hidroeléctricas e nucleares), os sistemas de rega, e as unidades de tratamento de água para consumo humano.

Mexilhão zebra

NOME CIENTÍFICO: *Dreissena polymorpha*.

CARACTERÍSTICAS: Tamanho: Concha com comprimento entre os 2 e os 4 cm.

Forma: Concha em forma de “D” - vista em seção transversal. **Cor:** Preta ou castanha com padrões listrados ou em ziguezague em branco ou amarelo (Figura 6).



FIGURA 6: Aspeto exterior do mexilhão zebra. Fonte: U.S. Geological Survey.

DISTRIBUIÇÃO: Habitat: Pode ser encontrado em lagos, rios, albufeiras, lagoas. Na fase de velígera⁴ pode ser encontrado suspenso na coluna de água. Na fase pós-velígera⁵ a adulta pode ser encontrado em superfícies duras como pedra, cimento, madeira, plantas macrófitas ou agarrado a qualquer material submerso, sendo por isso considerado bivalve epifaunal. Não é comum ser encontrado em zonas de corrente forte e existe em maior densidade em zonas com profundidade inferior a 12 m. **Área de distribuição nativa:** Nativa das bacias hidrográficas dos mares Negro, Cáspio e Aral. **Distribuição em Portugal:** Não existem registos da sua presença em Portugal, mas encontra-se em Espanha. **Locais invadidos:** América do Norte (principalmente no leste e centro-oeste) (Strayer, 2009), Europa – noroeste da Rússia, Europa central e ocidental (com exceção de Portugal), Escandinávia, Reino Unido e Irlanda (Aldridge et al., 2004).

MECANISMOS DE DISPERSÃO E DISTRIBUIÇÃO: As velígeras e os organismos em estádios pós-velígera podem ser transportados nas águas de lastro das embarcações, dos baldes de isco e outro material de pesca que contenha água. Os adultos e juvenis podem ser transportados agarrados a detritos, cascos de embarcações, material de pesca, troncos de árvores, vegetação e outras superfícies duras (vide Mackie e Claudi (2010) para mais detalhes sobre os mecanismos de dispersão).

IMPACTOS NEGATIVOS: Ecológicos: O mexilhão zebra forma colónias com elevada densidade e filtra grandes quantidades de plâncton da coluna de água, provocando a diminuição de material em suspensão e o consequente aumento da transparência da massa de água invadida (Mackie, 1991; Ludyanskiy et al., 1993; Minchin et al., 2002). A densa colonização de um local é geralmente acompanhada da diminuição ou até mesmo extinção de populações de mexilhões nativos, devido à privação alimentar e/ou asfíxia associada à fixação de mexilhões zebra nas suas conchas, o que impede a abertura das mesmas (Mackie, 1991; Claudi e Mackie, 1994). Acumula grandes quantidades de contaminantes que são passados através da cadeia alimentar. **Económicos:** O mexilhão zebra prejudica a exploração de áreas de lazer devido à acumulação de conchas vazias no fundo e margens dos rios, albufeiras, barragens e lagos (Claudi e Mackie, 1994). Atuando como *biofouler*, danifica embarcações e causa prejuízos nas indústrias que utilizam intensivamente a água infestada (Claudi e Mackie, 1994).

• **Recolha e preservação dos bivalves encontrados (ação PROCURAR)**

Para a identificação dos bivalves é necessária a sua recolha no local em análise. Uma vez que a aplicação de métodos de recolha inadequados pode resultar na não sinalização de populações estabelecidas, a definição de um método de amostragem adequado é crucial. Esse método depende dos locais onde os bivalves habitam preferencialmente: agarrados a estruturas como o mexilhão zebra (epifaunais⁶) ou enterrados no sedimento como a amêijoia asiática (infaunais⁷). No folheto em anexo encontra-se um

⁴ Estádio larvar pós-trocófora do ciclo de vida de alguns bivalves, incluindo *Dreissena polymorpha*, caracterizado pela presença de um velum (órgão nadador em forma anelar, contrátil e ciliado).

⁵ Estádio larvar de *Dreissena polymorpha* caracterizado pela ausência de velum e pelo uso do pé para nadar junto ao sedimento ou rastejando sobre superfícies (através de cílios localizados na base do pé).

⁶ Epifaunais – Organismos que vivem agarrados à superfície de substratos como rochas, vegetação marinha, no fundo de lagos ou mares ou de qualquer outro material submerso.

⁷ Infaunais – Organismos que vivem enterrados nas camadas superficiais do sedimento.

exemplo de um método de amostragem simplificado para a amêijoia asiática (Rosa et al., 2011b) e para o mexilhão zebra.

Se for necessário, por exemplo, recorrer a pessoal especializado para a confirmação da identificação dos espécimes recolhidos, é necessário proceder à sua preservação. Essa preservação pode ser feita em álcool, por secagem ou congelação. No folheto em anexo encontram-se os métodos de preservação geralmente usados para amostras de bivalves invasores.

• **Registo e documentação de avistamento (ação COMUNICAR)**

Todos os avistamentos de *C. fluminea* ou *D. polymorpha* devem ser documentados com fotografias dos espécimes e dos locais, bem como com o registo de informações relevantes. A lista de informação a registar inclui:

- Dados pessoais do responsável pelo avistamento – nome, contacto telefónico/endereço eletrónico.
- Características do local monitorizado – local, data da recolha, coordenadas GPS, nome do curso de água/local e outras observações consideradas relevantes.
- Características das espécies avistadas – nome científico e nome comum, forma, tamanho e outras observações consideradas relevantes.

• **Comunicação do avistamento (ação COMUNICAR)**

A comunicação da localização exata e das principais características dos locais monitorizados bem como das espécies encontradas deverá, em última instância e ao nível institucional, ser remetida para:

ICNF, I.P., – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, I.P.; Tel.: (351) 213 507 900; Website:

www.icnf.pt; E – mail: icnf@icnf.pt

E para o site <http://bivalves-invasores.uc.pt>, que devesse ser usado como uma plataforma para a atualização da distribuição das pestes no país.

A informação discutida nesta secção encontra-se sistematizada num folheto facultado em anexo. O objetivo deste folheto é constituir uma fonte de informação de alguma forma móvel, que facilite e promova a participação do cidadão comum na deteção precoce e na monitorização da dispersão do amêijoia asiática e do mexilhão zebra em Portugal. Este folheto pode, por exemplo, ser disponibilizado em praias fluviais, associações de pesca recreativa, escolas e clubes de desportos náuticos.



ATIVIDADE PRÁTICA DE MONITORIZAÇÃO DE BIVALVES INVASORES

O objetivo da atividade aqui proposta é, de alguma forma, promover o treino para o bom desempenho do cidadão enquanto agente ativo na gestão dos bivalves invasores *C. fluminea* e *D. polymorpha* em Portugal, permitindo sedimentar e dar uso prático à informação discutida neste artigo. Enquanto treino, a atividade constitui um exercício guiado ao longo dos passos aprender, procurar, comunicar (Figura 4). Nesse sentido, é proposta uma visita a uma região onde a presença da amêijoia asiática já tenha sido confirmada. Num cenário realista, a adoção destes passos e a sua integração no âmbito de atividades comuns, por exemplo de recreio, permitirá uma participação efetiva na deteção precoce e monitorização da dispersão das pestes.

Descrição geral da atividade

A atividade deve iniciar-se pelo estudo das características que permitem identificar a amêijoia asiática (eixo aprender). O desafio seguinte é uma visita a uma zona onde a espécie pode ser encontrada e aí, tendo em conta o tipo de habitat preferencial da espécie, procurar, recolher e conservar espécimes, tendo em atenção a recolha de informação que deveria suportar a comunicação do avistamento (eixos procurar e comunicar). O folheto facultado em anexo pode, e deve, ser usado como suporte a esta atividade.

Locais de visita

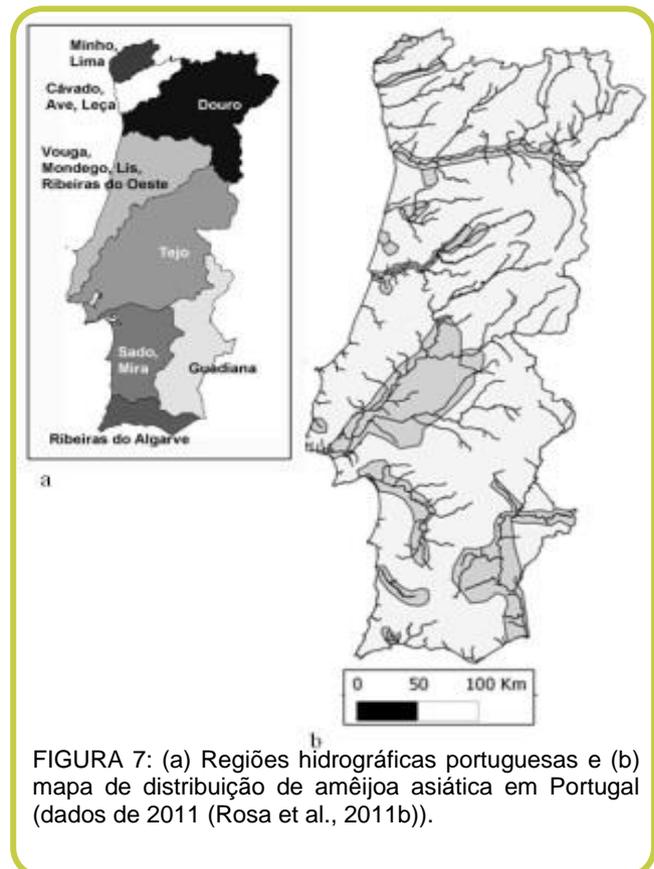
Na Figura 7, é mapeada a distribuição da amêijoia asiática em Portugal (dados de 2011). De entre as zonas a cinzento escuro na Figura 7b, selecione um local de fácil acesso e organize uma visita.

Material

- Mapa ou GPS
- Folheto anexo
- Tabuleiro
- Frasco de vidro com tampa
- Etanol ou álcool isopropílico a 96%
- Máquina fotográfica
- Lápis/caneta
- Pá
- Rede com malha larga (0,5 a 1 cm) (por exemplo, um saco de batatas serve o propósito).

Procedimento

1. Anotar a localização do local de visita no mapa e as coordenadas (poderá recorrer ao Google Earth ou a um GPS).
2. Recolher e registar informação relativa ao local de estudo.
3. Iniciar a procura de amêijoia asiática seguindo o método de amostragem adequado.
4. Registar a presença da espécie procurada, anotando as suas características e fotografando pelo menos um exemplar. Se suspeitar da presença de outras espécies exóticas invasoras, deverá registar a sua presença, fotograficamente e por escrito, e fazer a sua recolha.
5. Recolher e conservar exemplares da espécie.
6. No final da atividade, deverá limpar cuidadosamente no local todo o material utilizado de modo a evitar o transporte acidental de organismos vivos para outros locais. Num contexto realista, a parte destacável do folheto em anexo deveria ser cuidadosamente preenchida e enviada para as entidades indicadas.





CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS

A dispersão de espécies exóticas invasoras cria desafios complexos e abrangentes que ameaçam tanto a biodiversidade como o bem-estar das sociedades. Apesar de o Homem muitas vezes ser responsável pelas introduções, é também a chave para a sua prevenção. A cooperação e colaboração entre governos, sectores económicos e organizações não-governamentais são requisitos fundamentais para garantir a resposta coordenada, atempada e efetiva às invasões biológicas. Além disso, é necessário tornar claro, por exemplo, através de campanhas de sensibilização, educação ambiental e para a cidadania, que a gestão eficaz das espécies exóticas invasoras só é possível com a participação ativa do cidadão comum. Este deve ser incentivado a participar na discussão pública das políticas de conservação da natureza, bem como a adotar comportamentos que minimizem a dispersão das pestes e a comunicar avistamentos de espécies exóticas potencialmente invasoras.

agradecimentos • Joana L. Pereira agradece o apoio financeiro da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), através de uma bolsa de pós-doutoramento (SFRH/BPD/44733/2008). Este trabalho foi financiado por fundos FEDER através do Programa Operacional Factores de Competitividade – COMPETE e por fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) no âmbito do projeto CONTROLCLAM (PTDC/AAC-AMB/113515/2009).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldridge DC, Elliot P, Moggridge GD (2004). The recent and rapid spread of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Great Britain. *Biological Conservation* 119: 253–261.
- Araujo R, Moreno D, Ramos MA (1993). The Asiatic clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia: Corbiculidae) in Europe. *American Malacological Bulletin* 10 (1): 39-49.
- Beasley CR, Tagliaro CH, Figueiredo WB (2003). The occurrence of the Asian clam *Corbicula fluminea* in the lower Amazon basin. *Acta Amazonica* 33 (2): 317-324.
- Bertolino S, Genovesi P (2003). Spread and attempted eradication of the grey squirrel (*Sciurus carolinensis*) in Italy, and consequences for the red squirrel (*Sciurus vulgaris*) in Eurasia. *Biological Conservation* 109: 351-358.
- Carlton JT, Ruiz GM (2005). Vector science and integrated vector management in bioinvasion ecology: conceptual frameworks. In: HA Mooney, RN Mack, JA McNeely, LE Neville, PJ Schei, JK Waage (eds.). *Invasive alien species: a new synthesis*, pp 36–58. Island Press, Washington DC.
- Claudi R, Mackie GL (1994). Practical manual for zebra mussel monitoring and control. CRC Press, Florida, 240 pp.
- Comissão Europeia (2013). Proposta de regulamento do parlamento europeu e do conselho relativo à prevenção e gestão da introdução e propagação de espécies exóticas invasoras. Bruxelas.
- DAISIE European Invasive Alien Species Gateway (<http://www.europe-aliens.org/>).
- Davis MA (2009). *Invasion Biology*. Oxford University Press, Oxford, 288 pp.
- Durán C, Lanao M, Anadón C, Touyá A (2010). Management strategies for the zebra mussel invasion in the Ebro River basin. In: Regional Euro-Asian Biological Invasions Centre (eds.). Proceedings of the Symposium on non-native freshwater species introduction in the Iberian Peninsula 12-13, Spain, pp. 309-316.
- Gabriel RG, Ré A, Gonçalves F, Costa R, Pereira JL (2013). Monitorização e controlo da amêijoia invasora *Corbicula fluminea* em indústrias hidro-dependentes. *CAPTAR* 4(1): 92-112.
- Gherardi F, Angiolini C (2004). Eradication and control of invasive species. In: F Gherardi, M Gualtieri, C Corti (eds.) Biodiversity conservation and habitat management, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK.

- Gosling LM, Baker SJ (1989). The eradication of muskrats and coypus from Britain. *Biological Journal of the Linnean Society* 38: 39–51.
- Huenneke LF (1997). Outlook for plant invasions: interactions with other agents of global change. In: JO Luken, JW Thieret (eds.), *Assessment and management of plant invasions*. Springer New York, New York, pp. 95-103.
- Isom BG (1986). Historical review of Asiatic clam (*Corbicula*) invasion and biofouling of waters and industries in the Americas. In: JC Britton (ed.), *Proceedings of the Second International Corbicula Symposium*, American Malacological Bulletin - Special edition no. 2.
- IUCN (2000). IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss caused by Alien Invasive Species. In: Fifth Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, Nairobi, Kenya.
- Keller RP, Frang K, Lodge DM (2008). Preventing the spread of invasive species: economic benefits of intervention guided by ecological predictions. *Conservation Biology* 22: 80–88.
- Lockwood JL, Hoopes MF, Marchetti P (2006). *Invasion Ecology*. Blackwell Publishing, Oxford, 312 pp.
- Lodge DM (1993). Biological invasions: Lessons for Ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 133-137.
- Ludyanskiy ML, McDonald D, Macneill D (1993). Impact of the zebra mussel, a bivalve invader. *Bioscience* 43: 533-544.
- Mackie GL (1991). Biology of the exotic zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in relation to native bivalves and its potential impact in Lake St. Clair. *Hydrobiologia* 219: 251-268.
- Mackie GL, Claudi R (2010). *Monitoring and Control of Macrofouling Mollusks in Freshwater Systems*. CRC Press, Florida, 550 pp.
- McMahon R (1977). Shell Size-Frequency Distributions of *Corbicula manilensis* Philippi from a Clam-Fouled Steam Condenser. *The Nautilus* 91: 54-59.
- McMahon R (2000). Invasive characteristics of the freshwater bivalve *Corbicula fluminea*. In: *Nonindigenous Freshwater Organisms: Vectors Biology and Impacts*. Boca Raton: Lewis Publishers, pp 315-343.
- McNeely JA, Mooney HA, Neville LE, Schei P, Waage JK (eds.) (2001) *A global strategy on invasive alien species*. IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, UK. x + 50 pp.
- Minchin D, Lucy F, Sullivan M (2002). Zebra mussel: impacts and spread. In: E Leppäkoski, S Gollasch, S Olenin (eds), *Invasive aquatic species of Europe: distribution, impacts and management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 135-148.
- Morrison SA, Macdonald N, Walker K, Lozier L, Shaw MR (2007). Facing the dilemma at eradication's end: uncertainty of absence and the Lazarus effect. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 271–276.
- Poorter M (2001). Perception and “human nature” as factors in invasive alien species issues: a workshop wrap-up on problems and solutions. In: J Mcneely (ed.), *The great reshuffling: human dimensions of invasive alien species*, IUCN, The World Conservation Union, Gland, Switzerland, pp 209–212.
- Potter JM, Liden LH (1986). *Corbicula* control at the Potomac River Steam Electric Station Alexandria, Virginia. In: JC Britton (ed.), *Proceedings of the Second International Corbicula Symposium*, American Malacological Bulletin - Special edition no.2.
- Prezant RS, Chalermwat K (1984). Flotation of the bivalve *Corbicula fluminea* as a means of dispersal. *Science* 225: 1491-1493.
- Rejmánek M, Pitcairn MJ (2002). When is eradication of exotic plant pests a realistic goal? In: CR Veitch, MN Clout (eds.), *Turning the tide: the eradication of invasive species*. IUCN, Gland, Switzerland, pp. 249–253.
- Rosa IC, Pereira JL, Gomes J, Saraiva P, Gonçalves F, Costa R (2011a). The Asian clam *Corbicula fluminea* in the European freshwater-dependent industry: A latent threat or a friendly enemy? *Ecological Economics* 70: 1805-1813.
- Rosa IC, Costa R, Gonçalves F, Pereira JL (2011b). *Corbicula fluminea*: Utilização de uma espécie invasora como organismo experimental. *CAPTAR* 3(1): 40-59.
- Schmidlin S, Baur B (2007). Distribution and substrate preference of the invasive clam *Corbicula fluminea* in the river Rhine in the region of Basel (Switzerland, Germany, France). *Aquatic Sciences* 69: 153-161.
- Smithson JA (1986). Development of a *Corbicula* control treatment at the Baldwin Power Station. In: JC Britton (ed.), *Proceedings of the Second International Corbicula Symposium*, American Malacological Bulletin - Special edition no.2.
- Sousa R, Dias S, Antunes C (2006). Spatial subtidal macrobenthic distribution in relation to abiotic conditions in the Lima estuary, NW of Portugal. *Hydrobiologia* 559: 135-148.
- Sousa R, Antunes C, Guilhermino L (2008). Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. *Annales De Limnologie-International Journal of Limnology* 44: 85-94.
- Strayer DL (1999). Effects of alien species on freshwater mollusks in North America. *Journal of the North American Benthological Society* 18: 74-98.

- Strayer DL (2009). Twenty years of zebra mussels: lessons from the mollusk that made headlines. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 135–141.
- Vitousek PM (1990). Biological invasions and ecosystem processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos* 57: 7-13.
- Vitousek PM, Walker LR, Whiteaker LD, Mueller-Dombois D, Matson PA (1987). Biological invasion by *Myrica faya* alters ecosystem development in Hawaii. *Science* 238: 802-804.
- Williams A, Warren M, Cummings K, Harris J, Neves R (1993). Conservation status of freshwater mussels of the United States and Canada. *Fisheries* 18: 6-22.
- Witmer G, Keirn GM, Hawley N, Martin C, Reaser JK (2009). Human Dimensions of Invasive Vertebrate Species Management. In: JR Boulanger (ed.), *Proceedings of Wildlife Damage Management Conferences*, pp. 100-105.
- Wittenberg R, Cock MJW (2001). *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices*. CAB International, Walling for, Oxon, UK, 228 pp.

COMUNIQUE O AVISTAMENTO

Preencha o formulário abaixo e envie junto com fotografias dos organismos para:

biofouling@eq.uc.pt

ou utilize o website <http://bivalves-invasores.uc.pt>

CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL



Nome do local: _____

Data da colheita: ___ / ___ / ___

Coordenadas: N _____ W _____

Nome do curso de água/local: _____

Observações: _____

CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ENCONTRADAS



Nome científico: _____

Nome comum: _____

Descrição da espécie: _____

COMUNIQUE O AVISTAMENTO

<http://bivalves-invasores.uc.pt/>

SEJA PRO-ATIVO, FAÇA PARTE DA GESTÃO DOS BIVALVES INVASORES

Amêijoia asiática



Mexilhão zebra



Identifique e comunique a presença dos bivalves!

AO VISITAR SISTEMAS AQUÁTICOS DUÇAQUÍCOLAS OBSERVE COM ATENÇÃO E TENTE IDENTIFICAR ESTAS ESPÉCIES

LEMBRE-SE QUE A SUA PARTICIPAÇÃO SÓ SERÁ UTIL SE FOR COMUNICADA

MEXILHÃO ZEBRA

Como identificar?

Concha preta ou castanha, com padrões listrados ou em ziguezague em branco ou amarelo, em forma de "D" e com comprimento entre os 2 e os 4 cm.



Onde procurar?

Lagos, rios, albufeiras, lagoas. Na fase adulta pode ser encontrado agarrado a superfícies, como pedras, cimento, madeira, plantas macrófitas ou outros materiais submersos.

Como recolher?

- Arrancar os mexilhões do substrato.
- Colocá-los num saco.

AMÊIJOA ASIÁTICA

Como identificar?

Concha desde amarelada a castanha escura, triangular com comprimento entre 1 e 3 cm.



Onde procurar?

Lagos, canais, rios, albufeiras e zonas de influência ligeira de maré. Prefere água doce corrente e substrato heterogéneo com areia, pedras e rochas.

Como recolher?

- Recolher o sedimento com uma pá e despeja-lo para o saco de rede (malha 1 cm). Na ausência de saco, uma inspeção cuidada do sedimento deve permitir identificar, pelo menos, indivíduos de maiores dimensões.
- Agitar bem o saco dentro de água de modo a fazer uma crivagem grosseira do sedimento.
- Despejar o conteúdo do saco lavado para um tabuleiro para inspeção.

PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

Como preservar as amostras?

Tipo de preservação	Método
Preservação em álcool	<ul style="list-style-type: none">• Encher um frasco com álcool suficiente para cobrir o espécime.• Colocar o espécime no frasco e tapar bem para evitar derramamento.• Etiquetar (data, local, espécie, contacto) e guardar longe de luz solar direta e calor.
Secagem ao ar	<ul style="list-style-type: none">• Colocar o organismo em jornal.• Deixá-lo num ambiente seco (20 - 28°C) durante 3 a 4 dias.• Colocar o organismo completamente seco num frasco com uma bola de algodão para ajudar a fixá-lo.• Fechar o frasco, etiquetar (data, local, espécie, contacto) e armazenar em local seco.
Congelação	<ul style="list-style-type: none">• Colocar o organismo dentro de um saco de plástico e fechar.• Colocar o saco dentro de um frasco e fechar (evita que o organismo se quebre).• Etiquetar (data, local, espécie, contacto) e armazenar no congelador (-20°C).

IMPACTOS DOS BIVALVES INVASORES

Estes bivalves invasores competem pelo alimento e habitat com as espécies nativas. Ambos filtram grandes volumes de água (matéria orgânica em suspensão e plâncton), o que favorece a sua transparência da água. Embora isto possa ser benéfico até um determinado ponto, a longo prazo promove a depleção de recursos disponíveis para outros organismos planctívoros e o crescimento excessivo de plantas aquáticas, o que desequilibra os fluxos tróficos no ecossistema. O mexilhão zebra forma ainda colónias, fixando-se sobre as conchas de bivalves nativos e em macrófitas submersas, dificultando a sua sobrevivência. A acumulação de conchas limita o uso recreativo de praias fluviais. As duas espécies interferem com os sistemas de irrigação e afetam sistemas de águas industriais (por exemplo, bloqueando-os, reduzindo a eficiência de unidades de arrefecimento e aumentando a corrosão).