

Universidade Federal de Minas Gerais  
Instituto de Ciências Biológicas  
Departamento de Biologia Geral

Monografia do Curso de Especialização em Gerenciamento Municipal de  
Recursos Hídricos

**INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES NO BRASIL E NO MUNDO: ALGUMAS  
INICIATIVAS E PROPOSTAS DE COMBATE E PREVENÇÃO A ESPÉCIES  
AQUÁTICAS INVASORAS**

Aluno: Luciano Rosa Cota. Matrícula: 2005246683

Orientador: Prof. Dr. Francisco Barbosa

Fevereiro 2007

***“Todos estes que aí estão***

***Atravancando o meu caminho,***

***Eles passarão.***

***Eu passarinho!”***

**Mário Quintana**

## **RESUMO**

Espécies exóticas invasoras constituem atualmente a segunda causa mundial de perda de diversidade biológica. O trânsito de espécies no planeta aumentou intensamente em função do comércio mundial e do fluxo intercontinental de pessoas, mas a chegada de novas espécies deve-se principalmente a introduções voluntárias para uso humano. Atualmente, são poucos os habitats no planeta que ainda estão imunes às espécies introduzidas, representadas por uma variedade de categorias taxonômicas e origens geográficas. Estudos recentes estimam prejuízos da ordem de bilhões de dólares por ano nos Estados Unidos e na China oriundos direta ou indiretamente da introdução de exóticos. Estima-se também que a América do Sul apresenta um dos índices mais elevados de invasões biológicas, sendo o Brasil um dos países com os maiores números de introduções. No entanto, propostas de ações e projetos de combate e prevenção à introdução de espécies invasoras só entraram em discussão quando da introdução e dispersão do mexilhão-dourado no sul do país e seus consequentes impactos ambientais e, principalmente, econômicos. Neste estudo são relacionados exemplos de introduções de espécies no mundo e no Brasil, assim como propostas para o combate e prevenção de exóticos, principalmente a nível municipal.

## **ABSTRACT**

Exotic species constitute nowadays the second world threat to biodiversity conservation. The intense traffic of species around the planet has increased enormously due to market globalization and international traveling, but the arrival of new species is specially due to voluntary introductions for human use. Nowadays, there are few places in the planet that are still immune to exotic species, represented by a large variety of taxonomic categories and geographic origins. Recent studies estimate losses around billions of dollars in the United States and China resulting from direct and indirect impacts of exotic species. Other studies suggest that South America present one of the highest rates of biologic invasions, and Brazil as one of the countries with the highest numbers of introduced species. Although, actions and projects to combat and prevent introductions have only been recently adopted when the introduction and dispersion of an Asian snail in the south region of the country produced significant environmental impacts and, specially, economic losses. This study aims to exemplify some introductions around the world and in Brazil and also present some proposals to combat and prevent species introductions specially regarding the municipality.

## INTRODUÇÃO

A globalização das atividades humanas e do comércio tem propiciado, de forma sem precedentes, o movimento e estabelecimento de espécies ao redor do mundo, beneficiando as sociedades modernas e enriquecendo pessoas com o acesso a uma fração maior da diversidade biológica. Contudo, durante este processo, algumas espécies exóticas conseguem se estabelecer, reproduzir e se dispersar no novo ambiente, tornando-se prejudiciais aos ecossistemas, à biodiversidade, à saúde, à economia ou a outros interesses humanos. A identificação e o controle dessas espécies exóticas vem se tornando um grande desafio para a sociedade (Ramos *et al.*, 2004).

Invasões biológicas não são eventos recentes ou apenas um fenômeno de natureza antrópica, embora as dimensões geográficas, a frequência e o número de espécies envolvidas cresce em velocidade alarmante como consequência direta da expansão do transporte e do comércio, especialmente nos últimos 200 anos. Poucos habitats no planeta ainda estão imunes às espécies introduzidas pelos humanos e outros poucos podem ser considerados imunes à esta dispersão. As espécies envolvidas representam uma variedade de categorias taxonômicas e origens geográficas que desafiam qualquer classificação pré-estabelecida (Mack *et al.*, 2000).

Estudos recentes têm ressaltado que a diversidade de espécies pode ser alterada devido à introdução de espécies exóticas, podendo levar a uma diminuição, aumento ou manutenção da biodiversidade, em nível local, regional e global, para diferentes grupos taxonômicos, e que para cada tipo de alteração existe um membro da biota nativa que irá responder à estes impactos (Sax *et al.*, 2005).

### *Impactos ambientais da introdução de espécies*

Os impactos oriundos da introdução de espécies exóticas são variáveis, pouco estudados e difíceis de prever. No entanto, alguns impactos são muito bem documentados, particularmente aqueles causados à biota nativa, destacando-se a diminuição na distribuição geográfica, declínios na abundância e extinção de espécies (Elton, 1958; Ebenhard, 1988; Frits & Rodda, 1998). Outros impactos oriundos da introdução de espécies são mudanças na estrutura de comunidades e funcionamento dos ecossistemas, podendo levar a enormes perdas econômicas (Pimentel *et al.*, 2000).

Os diferentes impactos causados pela introdução de espécies podem interagir entre si e com outros fatores, como a contaminação dos recursos hídricos e mudanças climáticas, gerando efeitos sinérgicos, cujos resultados podem ser imprevisíveis (Ramos *et al.*, 2004).

Mack *et al.* (2000), depois de uma extensa revisão bibliográfica, sugerem que as introduções de espécies exóticas levam a algumas conseqüências e processos comuns, os quais podem ser agrupados da seguinte forma:

- Espécies invasoras podem causar extinções de espécies nativas vulneráveis através de predação, herbivoria, competição e alteração de habitat;
- Plantas invasoras podem alterar o regime de incêndios, ciclagem de nutrientes, hidrologia e gastos energéticos no ecossistema nativo, além de diminuir significativamente a abundância ou sobrevivência das espécies nativas, e até mesmo bloquear a navegação e aumentar a probabilidade de enchentes;
- Muitas espécies de plantas e animais exóticos podem hibridizar com espécies nativas;

- Na agricultura, as principais pragas das culturas temperadas são exóticas e os custos combinados do controle biológico e perdas na produção constituem taxas extras nos produtos.

- O custo global de doenças virulentas em plantas e animais, causadas por organismos transportados para novas áreas e sujeitas a novos hospedeiros, é atualmente incalculável.

No entanto, alguns autores sugerem também que a maioria dos organismos têm uma baixa probabilidade de se tornarem pragas e, como consequência, a grande maioria dos organismos rejeitados de amostras com potencial para a introdução são provavelmente inofensivos (Smith *et al.*, 1999). Simberloff & Holle (1999) aponta que espécies introduzidas freqüentemente interagem umas com as outras e que ocorrências de interações positivas são tão comuns quanto às negativas, como no caso da introdução de eucaliptos provendo um habitat de inverno para borboletas Monarca na Califórnia, EUA (Sax *et al.*, 2005).

Alguns autores sugerem que populações de espécies invasoras podem, sem motivo aparente, entrar em colapso espontâneo (Simberloff & Gibbons, 2004). Estes autores sugerem que se tais colapsos fossem comuns ou se caracterizassem invasões específicas com características também específicas, a decisão de manejo de não se tomar nenhuma atitude seria a mais adequada, mesmo se as espécies introduzidas persistissem em grande número e fossem de fato um problema ambiental. Se, por um outro lado, colapsos espontâneos são eventos raros e acidentais, a decisão de não se fazer nada é apenas uma receita para o desastre.

O que parece, superficialmente, ser um colapso populacional espontâneo pode ser, na verdade, um fenômeno natural oriundo das invasões biológicas. No entanto, não se pode

negar o fato destes processos ocorrerem e portanto, a importância em estudá-los e levá-los em consideração durante a formulação de medidas de manejo e controle quanto á invasão de espécies (Simberloff & Gibbons, 2004).

Os impactos econômicos oriundos de invasões biológicas podem ser divididos em dois tipos principais: i) indireto e resultante da perda de potencial econômico de produção, como as perdas na produção de culturas e reduções na sobrevivência e produção de animais domésticos e capacidade pesqueira; ii) o impacto direto oriundo do combate às invasões, incluindo todas as formas de quarentena, controle e erradicação (Mack *et al.*, 2000). Estudos recentes indicam prejuízos na ordem de US\$ 138 bilhões/ano nos Estados Unidos (Mack *et al.*, 2000) e c. US\$ 15 bilhões/ano (dados para 2000) na China (Xu *et al.*, 2006), quando combinados os custos diretos e indiretos.

Um dos principais objetivos dos biólogos e conservacionistas que estudam invasões biológicas é identificar áreas com maior probabilidade de suas ocorrências (Leung *et al.*, 2006). O risco depende principalmente da dinâmica populacional da espécie em questão, das características da biota receptora e das rotas de dispersão através das quais as espécies se estabelecem. Estes dados, analisados conjuntamente, poderão prever os custos necessários à prevenção e controle das invasões biológicas (Figura 1).

Uma das propostas de se prevenir a introdução de espécies exóticas é prever os locais que apresentam maior probabilidade de invasão biológica e aqueles que se apresentam como potenciais fontes de invasão. Estes dados são necessários para a proposição de medidas de manejo e controle no sentido de reduzir a probabilidade de invasão ou a taxa de dispersão. Para identificar estas áreas, alguns autores sugerem a aplicação de modelos preditivos de dispersão de espécies, a qual é um dos componentes principais de invasões



biológicas, focando especialmente nas rotas de dispersão (Leung *et al.*, 2006). É discutido que, apesar da importância da análise comportamental, a análise das rotas permite prever a dispersão de inúmeras espécies e facilita a previsão da dispersão antes da chegada de novas espécies exóticas ao ambiente.

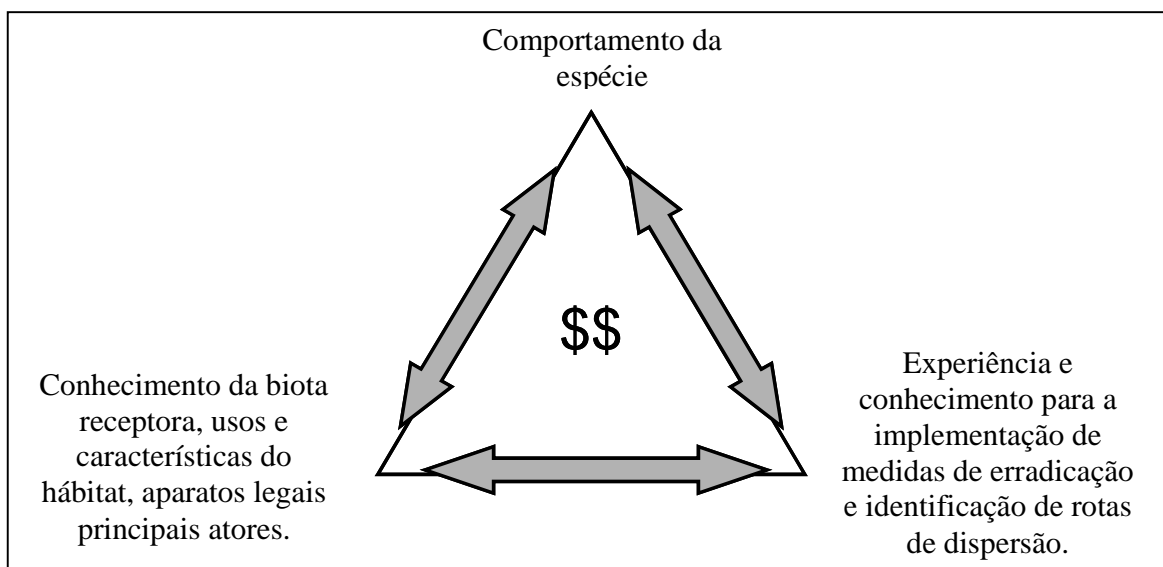


Figura 1. Modelo de resposta rápida mostrando as interações dos três componentes essenciais e do fluxo de custos para se implementar respostas às invasões biológicas (modificado de Anderson, 2005).

### **Introdução de espécies no mundo**

Um exemplo da relação entre efeitos positivos e negativos da introdução de espécies é o caso da introdução da árvore fixadora de nitrogênio *Myrica faya* (Myricaceae). No Havaí esta espécie colonizou áreas de cinza vulcânica e de floresta primária aumentando em até 4 vezes o input de nitrogênio nestes ecossistemas com limitação deste nutriente. Um dos resultados foi o aumento de até 8 vezes na população de vermes terrestres nas áreas onde *Myrica faya* estava presente. No entanto, para algumas plantas nativas abundantes na região, a acumulação de folhagem e o sombreamento causado pela dispersão de *Myrica faya*

sobrepõem o impacto positivo do aumento de nitrogênio no solo. Assim, esta espécie exótica altera a ciclagem de nutrientes, muda a estrutura de florestas primárias e desloca espécies nativas (Lodge, 1993). A relação destas interações entre as populações de espécies introduzidas ainda não é bem determinada, mas uma grande variedade de tipos de interações diretas e indiretas entre diferentes indivíduos destas espécies ocorre, e muitas levam a consequências negativas a estas populações.

A diminuição da biodiversidade de modo drástico e imprevisível é reflexo das contínuas introduções que a biota mundial sofre atualmente (Magnusson *et al.*, 1998). Acredita-se que c. 50.000 espécies tenham sido introduzidas apenas no continente americano (Pimentel, 2000).

Um dos exemplos recentes mais significativos de poluição biológica pela introdução de espécies é a invasão e consequente dispersão de três espécies de moluscos nos Grandes Lagos: *Dreissena polymorpha* e *Corbicula fluminea* (Corbiculidae), e *Dreissena bugensis* (Dreissenidae). Desde as suas respectivas introduções, estes organismos tiveram um impacto econômico significativo, resultante de entupimentos de estações de bombeamento e captação de água para municípios e indústrias na região. Estes entupimentos podem acarretar uma queda na capacidade de resfriamento e consequente aquecimento dos equipamentos de bombeamento de água e diminuição na pressão nos encanamentos domésticos. Impactos ecológicos adicionais também ocorreram através de interações diretas e indiretas com as espécies nativas (Cairns & Bidwell, 1996).

Outro exemplo típico de introduções de espécies é o caso do lago Victoria, no sudeste do continente africano que se encontra seriamente impactado por sucessivas ondas de espécies invasoras. A primeira foi a Perca do Nilo (*Lates niloticus*, Centropomidae),

introduzida em 1962, a qual levou uma centena de espécies de peixes à extinção (Bright, 1999). Além disso, provocou o desmatamento no entorno do lago para a produção de carvão, destinado à defumação desta espécie (Barel *et al.*, 1985). Estas grandes alterações levaram ao estabelecimento de aguapé (*Eichhornia* sp) em 1990. Esta espécie exótica está tornando as margens do lago anóxicas devido ao aumento nas taxas de decomposição e ao sombreamento da coluna d'água, entupindo estações de bombeamento de água e afetando severamente a atividade pesqueira local (Miller, 1989). Finalmente, essas modificações estão aumentando a incidência de doenças transmitidas por mosquitos, como a malária e gastrópodes, como a esquitossomose (Bright, 1999). Essas introduções provocaram mudanças nas cadeias tróficas aquáticas refletindo em declínio substancial na abundância de outros peixes (Zanden *et al.*, 1999).

### **Introdução de espécies no Brasil**

Wellcome (1988), através de estudos realizados para a Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO-ONU), indicou que as invasões biológicas estão presentes em maior número na América do Sul, Europa e África, sendo menos numerosas no Oriente Médio e na América do Norte. O Brasil está entre os países que apresentam um dos maiores números de introduções de espécies, principalmente entre as décadas de 60 e 70, com uma intensa translocação de espécies da bacia amazônica para o nordeste e sudeste do país.

Nas últimas décadas inúmeras pesquisas têm sido realizadas sobre espécies de moluscos introduzidas, enfatizando os impactos nos ecossistemas além de problemas econômicos e de saúde que podem causar. Na América do Sul especial atenção tem sido atribuída aos moluscos de água doce invasores: *Corbicula fluminea* (Müller, 1740) (Bivalvia:

Corbiculidade), *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia: Mytilidae) e *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae) (Vidigal *et al.*, 2005).

Outro exemplo de introduções no Brasil é o caramujo *Achatina fulica* (Bowdich, 1822), que se encontra disseminado por 23 estados englobando diferentes ecossistemas. Atualmente no estado do Paraná, provavelmente o ponto inicial de introdução da espécie no Brasil, o caramujo está presente em todo o litoral e em inúmeros municípios do interior (Fischer & Colley, 2005). Neste cenário, *A. fulica* foi introduzida em várias comunidades como uma alternativa rápida e barata de retorno financeiro. No entanto, a criação artesanal e o desinteresse pela carne fizeram com que os produtores abandonassem os caramujos que se espalharam pelas ilhas. A elevada população do molusco africano tem despertado a atenção dos cientistas, da sociedade e das autoridades que vêem na espécie exótica um potencial competidor dos moluscos nativos, praga na agricultura e um possível hospedeiro intermediário de um nematódeo que pode causar meningoencefalite eosinofílica e angiostrongilíase abdominal no homem.

No caso do estado de Minas Gerais, um exemplo de introdução de espécies é o dos lagos no médio rio Doce que sofreram introduções de tucunaré (*Cichla cf. monoculus*) e a piranha (*Pygocentrus nattereri*), ambos originários da bacia amazônica, com o objetivo de incrementar a pesca esportiva (Godinho *et al.*, 1994). Atualmente estas duas espécies ocorrem em várias lagoas da região, muitas vezes em altas densidades provocando mudanças na estrutura das comunidades de peixes (Godinho *et al.*, 1994). Godinho e Formagio (1992) apontam que no lago Dom Helvécio, o maior da região, metade das espécies nativas foi extinta desde que foi feita a primeira captura destes predadores. As poucas espécies nativas que ainda restam neste lago estão ameaçadas de extinção.

Tem-se observado alterações na composição em espécies e na estrutura de tamanho dos peixes nativos, desfavorecendo principalmente os indivíduos de menor tamanho, o que sugere um elevado risco de seu desaparecimento no futuro e causando efeitos indiretos em assembléias de macroinvertebrados bentônicos devido ao relaxamento ecológico decorrente da eliminação de seus predadores (Latini, 2001).

O caso mais notório e desencadeador da maioria das ações de preservação e controle de espécies aquáticas invasoras hoje no Brasil é o da introdução do molusco *Limnoperma fortunei* (Dunker, 1857), conhecido como mexilhão-dourado, originário do sudoeste da Ásia. A introdução foi identificada pela primeira vez em 1991 e se deu provavelmente através de água-de-lastro de navios, através do Rio da Prata (Mansur *et al.*, 2003). Segundo Darrigan (2000), o alto poder reprodutivo e a falta de inimigos naturais, propicia ao mexilhão-dourado a formação de grandes aglomerados, causando o efeito chamado de *macrofouling*. A consequência deste processo é a redução da passagem no interior de tubulações, com decréscimo da velocidade do fluxo da água por fricção, causando entupimentos nos sistemas coletores de água pelo acúmulo de conchas vazias e também a contaminação da água pela mortandade e deterioração em massa. Esses fatores causam ainda a oclusão de bombas, filtros e sistemas de refrigeração de indústrias. Além disso, o mexilhão-dourado causa danos aos bivalves nativos através do sufocamento ocasionado pela sobreposição de conchas aderidas aos substratos firmes.

Recentemente registrou-se a ocorrência de exemplares adultos desta espécie já em área mineira limítrofe aos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, no baixo rio Paranaíba, na localidade de Porto Alencastro na divisa dos estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (Campos, 2005). A presença desta espécie já se verifica, portanto, em trecho fluvial

mineiro sob influência direta do tráfego de embarcações da hidrovia Paraná - Tietê, a montante da confluência dos rios Paranaíba e Grande, formadores do Paraná.

Estudos realizados em Minas Gerais, demonstraram um nítido aumento no número de registros de espécies exóticas, comparando dados disponíveis na literatura técnica, coletados em 1996 e em 2003 (Alves, 2005). As bacias dos rios Paranaíba do Sul e Doce apresentaram maior número de registros. Essas e o rio Mucuri são as bacias com maiores valores proporcionais, ou seja, considerando a atual riqueza de espécies nativas.

Entre as atividades relacionadas à introdução de espécies exóticas, a piscicultura é considerada o principal mecanismo de dispersão de espécies exóticas para novos ambientes, pois os escapes dos cativeiros para ambientes abertos são inevitáveis, conforme diagnósticos feitos em diversos países, inclusive no Brasil. A contaminação dos ambientes naturais pelas espécies introduzidas para a aquicultura pode ser considerada certa, uma vez que a experiência demonstra que, mesmo nos caso de confinamento em sistemas fechados, com todas as medidas de segurança e controle conhecidas, os animais cultivados escapam para os ambientes naturais (Ramos *et al.*, 2004).

Alves (2005), em estudos realizados no rio Glória (MG), demonstra níveis alarmantes de introdução de peixes exóticos. A região é considerada o maior pólo sul-americano de produção de espécies ornamentais, mas nenhum cuidado é utilizado para evitar escapes nas pisciculturas. Na região, 49% das espécies registradas são exóticas. Situação mais contundente pode ser observada em córregos da região, onde esses valores alcançam 60 e 63%.

## **Iniciativas de combate e prevenção de introdução de exóticos**

Nos Estados Unidos, várias iniciativas mostram resultados no combate às invasões biológicas. Uma iniciativa importante é a do 100º Meridiano ([www.100thmeridian.org](http://www.100thmeridian.org)) que é um esforço entre o estado, as províncias e agências federais americanas para prevenir a dispersão do mexilhão zebra e de outras espécies aquáticas invasoras no oeste dos Estados Unidos e Canadá e para definir o risco da introdução acidental pelo tráfego de embarcações turísticas. A iniciativa tem dois objetivos principais: 1) prevenir a expansão do mexilhão zebra e de outras espécies invasoras e monitoramento, e 2) controlar o mexilhão zebra e outras espécies invasoras nessas áreas.

Outra iniciativa foi a criação da Força-Tarefa para Espécies Aquáticas Problemáticas (Aquatic Nuisance Species Task Force - ANSTF). A ANSTF é uma organização não governamental dedicada à prevenção e controle de espécies aquáticas invasoras e à implementação do Ato de Prevenção e Controle de Espécies Aquáticas Invasoras (Nonindigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act – NANPCA) em 1990 (<http://www.anstaskforce.gov/default.php>). Esta força-tarefa consiste de 10 representantes de agências federais, 12 membros da sociedade civil e é gerenciada pela U.S. Fish and Wildlife Service e pela National Oceanic and Atmospheric Administration.

Em 1997 foi fundado o Programa Global de Espécies Invasoras (Global Invasive Species Program – GISP) ([www.gisp.org](http://www.gisp.org)), como um pequeno grupo voluntário composto por três organizações: União Mundial para Conservação (World Conservation Union – IUCN), CAB International e o Comitê Científico para Problemas do Ecossistema (Scientific Committee on Problems of the Environment – SCOPE). No ano de 2005, o GISP foi constituído como uma entidade legal com membros da IUCN, CAB international,

The Nature Conservancy, entre outros. O principal objetivo do GISP é a conservação da biodiversidade e a manutenção da sustentabilidade humana através da minimização dos impactos da dispersão de espécies invasoras.

Entre 9 e 12 de junho de 2003, em Windsor, Ontario (Canadá), aconteceu a 12<sup>a</sup> Conferência Internacional Sobre Espécies Aquáticas Invasoras, que contou com a presença de representantes de vários países como Itália, Nova Zelândia, China, Estados Unidos, Canadá, Brasil, Filipinas, Inglaterra, Índia e Holanda. As apresentações da conferência abordaram tópicos como introduções em águas de lastro e questões gerenciais, tecnologias atuais para o controle de organismos em águas de lastro e vários aspectos da invasão do mexilhão zebra, sua biologia e seu controle nos Estados Unidos e Canadá. Discussões enfocaram o mexilhão zebra, a espécie introduzida que causa o maior impacto econômico e ambiental nos Estados Unidos e Canadá.

No caso do Brasil, o problema só entrou em discussão quando sérios aspectos econômicos entraram em questão quando da introdução e dispersão do mexilhão dourado. A 1<sup>a</sup> Reunião Sul Americana de Ações Integradas para controle do mexilhão-dourado aconteceu na usina hidrelétrica de Itaipu, em julho de 2003. O objetivo dessa reunião foi trocar conhecimentos e experiências sobre o controle do mexilhão dourado e preparar recomendações para o Fórum Internacional da Água/ONU, em outubro do mesmo ano. Uma cooperação técnico-científica entre Brasil, Paraguai e Argentina foi estabelecida para estudar o mexilhão-dourado, as consequências de sua introdução e estabelecimento de estratégias para o controle de sua dispersão.

Em 2003, o Ministério do Meio Ambiente criou a Força-tarefa Nacional para o controle do mexilhão-dourado (Portaria No 494, de 22 de dezembro de 2003), que contou com a



representação de várias instituições. A força-tarefa elaborou um plano de ação integrado para impedir o avanço do mexilhão-dourado, e principalmente evitar que alcance bacias hidrográficas importantes como a dos rios Amazonas, Tocantins e São Francisco (<http://www.mma.gov.br/port/sbf/invasoras/index.cfm>).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), as ações deste programa envolvem atividades relativas à identificação e localização das principais espécies-problemas no país; avaliação dos impactos ambientais e sócio-econômicos causados por estas espécies; levantamento dos projetos já realizados ou em andamento, em âmbito nacional; criação de mecanismos de controle, monitoramento, mitigação, prevenção e erradicação, inclusive com vistas a minimizar as introduções acidentais; definição de estratégias para ampliação das discussões sobre o tema; estabelecimento de prioridades para o período de 2005 a 2010; levantamento da legislação nacional sobre espécies exóticas invasoras, e proposição de revisão, se for o caso, ou elaboração de legislação específica; e organização de uma efetiva parceria entre os setores governamental, não-governamental, acadêmico-científico e iniciativa privada (MMA, 2006).

Além da iniciativa do Ministério do Meio Ambiente, vale ressaltar as iniciativas de FURNAS Centrais Elétricas S/A no combate à dispersão do mexilhão-dourado ([http://www.furnas.com.br/meioambiente\\_mexilhao2.asp](http://www.furnas.com.br/meioambiente_mexilhao2.asp)), da Companhia Paranaense de Energia (COPEL) no Programa de Avaliação e Controle de Espécies Aquáticas Invasoras na Bacia do Rio Iguaçu com o objetivo de coletar e catalogar espécies que podem causar danos não só ao meio ambiente, mas também em usinas hidrelétricas e tubulações de abastecimento de água, e da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) também

relativa ao controle da dispersão do mexilhão-dourado (<http://www.cemig.com.br/noticias/index345.asp>).

A iniciativa da CEMIG se iniciou a partir de uma tomada de consciência em uma reunião realizada na usina de Itaipu Binacional “REUNIÓN TÉCNICA SOBRE EL TEMA: *Limnoperna fortunei* – ITAIPU Binacional, 20 e 21 de junho de 2000”, que reuniu técnicos e pesquisadores do Brasil e da Argentina. Nela foram apresentados o problema e as principais formas de ataque do mexilhão dourado em todos os tipos de equipamentos tanto urbanos quanto industriais (Rolla & Barbosa, 2005). Em 2002 foi anotada a presença do mexilhão dourado na usina de Itaipu Binacional no rio Paraná o que deixou a Cemig e Minas Gerais em alerta. Foi, então, iniciado o projeto “Pesquisa para o desenvolvimento de ecotecnologias de controle de *Limnoperna fortunei*” no reservatório de Volta Grande. O resultado do projeto foi a realização de uma infinidade de reuniões, palestras, cursos e de documentos informativos como cartilhas e publicação a respeito dos prejuízos causados às instalações hidrelétricas e captações de água (Rolla & Barbosa, 2005).

Do exposto, conclui-se que, somente após empresas brasileiras e o próprio governo terem experimentado prejuízos causados pelo entupimento de estações de tratamento de água e do acúmulo de conchas em turbinas de geração de energia de hidrelétricas, foram propostas as primeiras medidas direcionadas à caracterizar o problema das espécies invasoras como uma das prioridades para a conservação da biodiversidade brasileira.

### **As espécies exóticas e a municipalidade**

Atualmente, a problemática das espécies aquáticas invasoras é discutida mundialmente, com inúmeras propostas de prevenção e controle da dispersão de novas espécies exóticas a níveis globais. No entanto, o desafio está especialmente na atuação local, principalmente a

nível municipal, onde o problema faz parte da realidade local e raramente passa despercebido.

Tentativas de chamar a atenção da iniciativa governamental para dar suporte à prevenção e o controle de invasões de espécies exóticas geralmente falham pelo fato da falta de entendimento do complexo elo entre natureza e economia.

No entanto, a ameaça que as invasões biológicas representam à biodiversidade e para os processos biológicos nos diversos ecossistemas se traduz diretamente em consequências econômicas, tais como perdas na produção, florestas, pesca e capacidade de herbivoria. Estes impactos são maiores e imediatos na população local.

A prevenção e o controle da introdução e dispersão de espécies aquáticas invasoras a nível municipal deve ser feita em várias etapas e abordando vários aspectos. Alguns aspectos e como eles devem ser aplicados são exemplificados a seguir.

A prevenção de novas introduções deve ser um aspecto prioritário e fundamental. Este aspecto possui duas perspectivas não mutuamente excludentes e igualmente importantes: prevenção da entrada de uma nova espécie na região e prevenção de entrada de nova espécie na bacia hidrográfica em questão.

Deve ser dada ênfase a espécies para as quais não haja justificativa econômica concreta e consistente para sua introdução. Tais espécies devem ter sua utilização e propagação totalmente abandonada para que se evite introduções continuadas. Outro aspecto a ser abordado é a análise de riscos e projeções, antecipando potenciais invasores críticos e cenários resultantes das invasões e, assim, estabelecer espécies que devam receber prioridade nas ações, uma vez que nem todas apresentam o mesmo risco. Ações de

erradicação não devem ser descartadas, mesmo que operacionalmente sejam apenas viáveis em condições específicas e localizadas.

Um aspecto fundamental a ser abordado deve ser o treinamento e conscientização dos produtores rurais. Este treinamento serviria para suprir a falta de influência dos órgãos ambientais nas áreas rurais quanto à disseminação de informações e técnicas de prevenção e controle disponíveis. Indo além do simples treinamento e conscientização dos produtores rurais, está a proposição e implementação de projetos de Educação Ambiental direcionados à comunidade afetada pelas invasões e aos órgãos e empresas direta e indiretamente relacionadas com o problema. A Educação Ambiental é uma dimensão da educação, é atividade intencional da prática social, que imprime ao desenvolvimento individual um caráter social em sua relação com a natureza e com os outros seres humanos, com o objetivo de potencializar essa atividade humana, tornando-a mais plena de prática social e de ética ambiental (Tozoni-Reis, 2006).

O que se propõe é a utilização de pesquisas de ação-participativa de caráter emancipatório, colocada por Gómez *et al* (1999) como uma teoria pedagógica crítica. Essas teorias partem do pressuposto que a função da educação é a instrumentalização dos sujeitos sociais para uma prática social transformadora (Saviani, 1994), desta forma, os conhecimentos, na perspectiva social e histórica, são instrumentos de humanização – de educação. A partir da utilização desta ferramenta, acredita-se que a população alvo será capaz de indentificar, relatar e cobrar dos órgão responsáveis medidas quanto a prevenção e controle de espécies aquáticas invasoras em seus respectivos municípios.

Paralelamente à estas ações, devem ser realizados, continuamente, monitoramentos biológicos, tanto de espécies consideradas prioritárias quanto da situação geral. Os

monitoramentos biológicos são necessários para averiguar se as eventuais ações apresentam resultados positivos.

Outro aspecto que deve ter abordagem contínua é a fiscalização, como parte integrante de uma estratégia abrangente tanto dos órgãos ambientais quanto da população.

Quanto às instalações de cultivo, devem ser tomadas todos os cuidados com a segurança, incluindo a localização e o grau de conexão das instalações em relação a corpos d'água naturais. O aumento da segurança estrutural e nos procedimentos de manejo está intimamente associado à estratégia de minimização da introdução continuada, através da redução do número de escapes.

Finalmente, mas não menos importante, é necessário fomentar a pesquisa sobre procedimentos e espécies de cultivo ecologicamente seguros, isto é, que minimizem tanto a probabilidade de escapes como a probabilidade de estabelecimento no ambiente natural; busca de técnicas de controle e erradicação, assim como dos fatores que controlam as populações em seus ambientes originais; formação de bases de dados sobre localidades de ocorrência, histórico de dispersão e interações das espécies invasoras para a compreensão das condições e mecanismos em que ocorrem os impactos sobre biodiversidade nativa das bacias e da dinâmica das invasões biológicas.

O manejo das espécies invasoras depende da sensibilização de diversos segmentos da sociedade e entre eles da população ribeirinha, nos ambientes onde as espécies exóticas ocorrem em elevada abundância. Estas pessoas podem participar de um plano piloto que, a partir do conhecimento científico da problemática ambiental levantado, sensibilizados e com uma consciência ecológica mais clara, passariam a combater diretamente as espécies exóticas.

Como exemplo desta forma de manejo, Suriani (2006) propôs a possibilidade de utilizar as espécies *Corbicula fluminea* e *Melanoides tuberculata*, encontradas em abundância em reservatórios do estado de São Paulo, como matéria-prima de produtos artesanais como chaveiros, cintos, brincos e utilitários e decorativos domésticos. Este tipo de abordagem, além de diminuir a população de exóticos pela sua captura direta, também coloca a população local em contato direto com o problema, fomentando conhecimento relativo à questão das espécies exóticas.

Uma ferramenta útil desenvolvida no exterior que pode ser utilizada na prevenção e controle de invasões biológicas é um modelo de “Alarme de Invasão Biológica”, proposto por Anderson (2005), no qual várias medidas são tomadas desde a identificação do invasor até a aplicação de medidas de contenção da dispersão, estabelecimento e erradicação da espécie ou espécies em questão (Figura 2).

Para as ações de prevenção e controle da dispersão e estabelecimento das espécies invasoras, Anderson (2005) propõe a formação de grupos de intervenção, os quais chamou de Grupos de Intervenção para Espécies Exóticas Invasoras (Non-native Invasive Pest Intervention Teams – NIPITS). O autor prevê também que o gasto para montar os grupos de intervenção e os custos para se dar o alarme deve ficar em torno de US\$ 5.000,00/espécie e que este investimento na prevenção deverá prover um retorno significativo em curto prazo, levando a uma utilização efetiva de recursos e elevando o conhecimento do público para a prevenção do estabelecimento de espécies invasoras.

### EXERCÍCIO DO “ALARME DE INVASÃO BIOLÓGICA”

- 01 – Identificar até 5 novas espécies invasoras baseado em potencial invasor, características do hábitat receptor, rotas de dispersão e prováveis locais de propagação.
- 02 – Tratar cada espécie individualmente com suas respectivas relações espécie/rotas de dispersão.
- 03 – Teste o esquema de notificação: Quem identifica a espécie e faz a notificação? Quem recebe a notificação?
- 04 – Identifique o conhecimento técnico-científico: Quem são os técnicos? Qual a disponibilidade para o estudo?
- 05 – Identifique falhas de informação para a espécie em questão e para a biota receptora.
- 06 – Quem é responsável pela divulgação na mídia?
- 07 – Teste a “Autoridade para ação”: Quem são os responsáveis pelas ações relativas ao assunto? Agências governamentais, instituições privadas, marcos regulatórios.
- 08 – Identifique os atores públicos e privados: Qual é o papel de cada um? Quem e como irão se organizar?
- 09 – Identifique falhas organizacionais, elos fracos e corrija-os.
- 10 – Formalize um plano e desenvolver um “Manual Operacional” com informações e medidas claras e lista de contatos.
- 11 – Assegure acesso à recursos como corpo técnico, equipamentos e financiamentos.
- 12 – Ação! Estabeleça os grupos de intervenção (NIPITS).

Figura 2. Medidas a serem tomadas durante a aplicação do “Alarme de Invasão Biológica” (modificado de Anderson, 2005).

Alguns autores sugerem que uma solução para a prevenção de introduções biológicas seria a aplicação mais frequente de ferramentas econômicas, tais como cálculos de custo-benefício, quando considerarmos propostas para a importação de espécies para fins claros de benefício econômico (Mack *et al.*, 2000). Estes autores predizem que as análises de custo-benefício de muitas introduções já ocorridas demonstraria, claramente, que seus custos para a sociedade superam enormemente quaisquer benefícios obtidos.

## CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo não foi examinar exaustivamente o impacto das introduções de espécies exóticas no mundo e no Brasil e sim servir como um veículo informativo e subsídio para estudos futuros da alarmante condição que o mundo e o país atravessam quanto às invasões biológicas.

Foram citadas algumas iniciativas e propostas para o combate e a prevenção da introdução de espécies aquáticas, especialmente quanto à utilização da Educação Ambiental como ferramenta principal.

A introdução de espécies exóticas vai continuar a ser uma ameaça para os ecossistemas aquáticos neste século (Mills & Hall, 2000). As medidas para se combater as invasões de espécies não podem se restringir somente ao controle e erradicação mas devem considerar também o estudo dos efeitos e alterações que estas espécies possam promover nos ecossistemas (Ambroggi, 2000). Infelizmente, as ações para a prevenção e o controle de invasões biológicas no Brasil ainda são incipientes quando comparadas àquelas de outros países em situação semelhante. A proposta é que devemos utilizar e integrar todas as ferramentas disponíveis para a prevenção e o controle das invasões biológicas, sejam elas modelos preditivos de invasões, conhecimento das características das espécies em questão e as condições ambientais favoráveis às invasões para melhor identificar o potencial de invasão de diferentes áreas para diversas espécies de interesse especial.

No entanto, mesmo detendo todas as informações possíveis relativas aos aspectos citados, nenhuma medida de prevenção ou controle é eficaz, ou torna-se realmente ativa, sem vontade política ou ação da comunidade afetada. Para tanto, mostra-se urgente a definição de uma posição do governo e de todas as instituições ligadas ao assunto para a



aplicação de medidas eficazes de prevenção e controle de futuras invasões biológicas no Brasil.

## **AGRADECIMENTOS**

Sou especialmente grato aos colegas do curso de Especialização em Gerenciamento Municipal de Recursos Hídricos pela convivência única que tivemos na troca de informações e experiências. Agradeço também à Vilma e à Simone pela assistência, sempre bem vinda, durante todo o período do curso e ao Prof. Dr. Francisco Barbosa, pela coordenação do curso e orientação desta monografia.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AMBROGI, A. C. 2000. **Biotic Invasions in a mediterranean lagoon**. Biological Invasions, 2: 165-176.
- ALVES, C. B. M. 2005. **Espécies de exóticas de peixes em Minas Gerais: situação atual e estudo de caso: Rio Glória (bacia do rio Paraíba do Sul)**. Palestra ministrada no I Seminário Nacional Sobre Espécies Aquáticas Invasoras, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
- ANDERSON, L. W. J. 2005. **California's reaction to *Caulerpa taxifolia*: a model for invasive species rapid response**. Biological Invasions, 7: 1003-1016.
- BAREL, C.D.N., DORIT, R., GREENWOOD, P.H., 1985. **Destruction of fisheries in Africa's lakes**. Nature. 315: 19-20
- BRIGHT, C., 1999. **Life out of Bounds: Bioinvasion in a borderless world**. Nature. 397: 665-666.
- CAIRNS, J., BIDWELL, J.R., 1996. **Discontinuities in technological and natural systems caused by exotic species**. Biodiversity and Conservation 5, pp.1085-1094.

- CAMPOS, M. C. S. 2005. ***Limnoperma fortunei* (Dunker, 1857): uma espécie aquática invasora.** Palestra ministrada no I Seminário Nacional Sobre Espécies Aquáticas Invasoras, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
- DARRIGAN, G.; PENCHASZADEH, P.; DAMBORENEA, C. 2000. **An invasion tale: *Limnoperma fortunei* (Dunker, 1857) (Mytilidae) in the Neotropics.** In: R. CLAUDI (Ed) Proceeding of the International Aquatic Nuisance Species and Zebra-Mussels Conference 10, Toronto, p. 219-224.
- EBENHARD, T. 1988. **Introduced birds and mammals and their ecological effects.** Swed Wildlife Res. 13: 1-107.
- ELTON, C. S. 1958. **The ecology of invasions by animals and plants.** Methuen and Co. LTD.
- FISCHER, M.L. AND COLLEY, E. 2005. **Espécie invasora em reservas naturais: caracterização da população de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca - Achatinidae) na Ilha Rasa, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil.** Biota Neotrop . Jan/Jun, vol. 5, no. 1. (<http://www.biotaneotropica.org.br/v5n1/pt/abstract?article+BN03305012005> . ISSN 1676-0603)
- FRITTS, T. H. AND RODDA, G. H. 1998. **The role of introduced species in the degradation of island ecosystems: a case history of Guam.** Annu. Revi Ecol. Syst. 29: 113-140.
- GODINHO, A. L., FORMAGIO, P.S., 1992. **Efeitos da Introdução de *Cichla ocellaris* e *Pygocentrus* sp. sobre a comunidade de peixes da lagoa Dom Helvécio, MG.** In: Encontro Anual de Aqüicultura de Minas Gerais, 10. Belo Horizonte. Anais..., Belo Horizonte, Associação Mineira de Aqüicultura, p. 93-102
- Godinho, A. L., 1994. The ecology of predator fish introductions: The case of Rio Doce Valley lakes.** Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies. Edited by Pinto-Coelho, R. M.; A. Giani & E. von Sperling – SEGRAC – Belo Horizonte (MG). 77-83 pp.
- GÓMEZ, G.R.; FLORES, J.G. & JIMÉNEZ, E.G. 1999. **Metodología de la investigación cualitativa.** Málaga: Ediciones Aljibe.

- HALL, S.R., AND E.L. MILLS. 2000. **Exotic species in large lakes of the world.** Aquatic Environmental Health and Management 3:105-135.
- LATINI, A. O., 2001. **O efeito da introdução de peixes exóticos nas populações nativas de lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, MG.** Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação de Vida Silvestre da Universidade Federal de Minas Gerais para a obtenção do Título de Mestre em Ecologia.
- LEUNG, B., BOSSEMBROECK, J. M., LODGE, D. M. 2006. **Boats, pathways, and aquatic biological invasions: estimating dispersal potential with gravity models.** Biological Invasions, 8: 241-254.
- Lodge, D.M., 1993. **Biological Invasions: Lessons for Ecology.** Tree, Vol. 8, no 4 pp. 133-137.
- MACK, R. N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, M. W.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F. 2000. **Biotic Invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences and Control.** Issues in Ecology, 5.
- MAGNUSSON, W. E.; VALENT, W. C.; MOURÃO, G. M., 1998. **Espécies exóticas ameaçam biodiversidade brasileira.** Ciência Hoje. (24) : 139. 54-56.
- MANSUR, M. C. D.; DOS SANTOS, C. P.; DARRIGRAN, G.; HEYDRICH, I.; CALLIL, C. T.; CARDOSO, F. R. 2003. **Primeiros dados quali-quantitativos do mexilhão-dourado, *Limnoperma fortunei* (Dunker), no Delta do Jacuí, no Lago Guaíba e na Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul, Brasil e alguns aspectos de sua invasão no novo ambiente.** Revista Brasileira de Zoologia, 20 (I): 75-84.
- MILLER, D.J., 1989. **Introductions and extinction of fish in the African Great Lakes.** Tree. 4(2): 56-59.
- MMA, 2006. **Espécies Exóticas Invasoras: Situação Brasileira / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas.** Brasília: MMA, 2006. 24 p.
- PIMENTEL, D., LACH, L., ZUNIGA, R. 2000. **Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States.** Bioscience 50: 53-65.
- RAMOS, L. A., ROSARIO, D. A. P., MARCHESAN, A. M. M. 2004. **A proteção à fauna e à biodiversidade: O princípio da prevenção e os possíveis efeitos nocivos**

- decorrentes da introdução e criação de tilápias e bagre-do-canal (Catfish).** 8º Congresso Internacional de Direito Ambiental. P. 467-486.
- ROLLA, M. E. & BARBOSA, N. D. C. 2005. **A Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e o Mexilhão Dourado.** Palestra ministrada no I Seminário Nacional Sobre Espécies Aquáticas Invasoras, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
- SAVIANI, D. 1994. **A pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações.** Campinas: Autores Associados, 174 p.
- SAX, D. F., KINLAN, B. P., SMITH, K. F. 2005. **A conceptual framework for comparing species assemblages in native exotic habitats.** *Oikos*, 108: 457 – 464.
- SIMBERLOFF, D., VON HOLLE, B., 1999. **Positive Interactions of Nonindigenous Species: Invasional Meltdown?** *Biological Invasions*. 1(1): 21-32.
- SIMBERLOFF, D.; GIBBONS, L. 2004. **Now you see them, now you don't! – population crashes of established introduced species.** *Biological Invasions*, 6: 161-172.
- SMITH, C.S., LONSDALE, W.M., FORTUNE, J., 1999. **When to ignore advice: Predictions and decision theory.** *Biological Invasions*. 1(1): 89-96.
- SURIANI, A. L. 2006. **A estrutura da comunidade de macro-invertebrados bentônicos em três represas do médio rio Tietê (SP), com ênfase nas espécies exóticas *Melanoides tuberculata* (Gastropoda, Thiaridae) e *Corbicula fluminea* (Bivalvia, Corbiculidae).** Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos.
- TOZONI-REIS, M. F. C. 2006. **Temas ambientais como “temas geradores”: contribuições para uma metodologia educativa ambiental crítica, transformadora e emancipatória.** *Educar*, Curitiba, n. 27, p. 93-110. Editora UFPR.
- WELCOMME, R.L. 1988. **International introductions of inland aquatic species.** FAO Fisheries Technical Papers 294.
- VIDIGAL, T. H. D. A.; MARQUES, M. M. G. S. M.; LIMA, H. P.; BARBOSA, F. A. R. 2005. **Gastropodes e bivalves límnicos do trecho médio da bacia do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil.** *Lundiana*, 6: 67-76.

- XU, H.; DING, H.; LI, M.; QIANG, S.; GUO, J.; HAN, Z.; HUANG, Z.; SUN, H.; HE, S.; WU, H.; WAN, F. 2006. **The distribution and economic losses of alien species invasion to China.** *Biological Invasions*, 8: 1495-1500.
- ZANDEN, M. J. V.; CASSELMAN, J. M.; RASMUSSEN, J. B., 1999. **Stable isotope evidence for the food web consequences of species invasions in lakes.** *Nature*. 401: 464-467.