MG.BIOTA

v.9, n.1 – Abril/Junho 2016
ISSN 1983-3687
Distribuição Gratuita

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - MG
DIRETORIA DE PESQUISA E PROTEÇÃO À BIODIVERSIDADE
GERÊNCIA DE PROJETOS E PESQUISAS

A invasão de peixes exóticos no Médio Rio Doce
Como peixes exóticos se dispersam entre lagos no Médio Rio Doce?
Reavaliação da ictiofauna no Parque Estadual do Rio Doce, MG.
***Pygocentrus nattereri* (piranha vermelha)**



EXPEDIENTE

MG.BIOTA

Boletim de divulgação científica da Diretoria de Pesquisa e Proteção à Biodiversidade/IEF que publica trimestralmente trabalhos originais de contribuição científica para divulgar o conhecimento da biota mineira e áreas afins. O Boletim tem como política editorial manter a conduta ética em relação a seus colaboradores.

Equipe

Denize Fontes Nogueira
Gabriella Soares Cardoso (Estagiária)
Janaína A. Batista Aguiar
Jennifer Jéssica Alexandre Moreira (Estagiária)
Maria Margaret de Moura Caldeira (Coordenação)
Mônica Maia
Rodrigo Teribele
Sandra Mara Esteves de Oliveira (Coordenação)

Colaboradores deste número
Sandra Mara Esteves de Oliveira

PUBLICAÇÃO TÉCNICA INFORMATIVA MG.BIOTA

Edição: Trimestral
Tiragem: 5.000 exemplares
Diagramação: Raquel Morais Mariani/ Imprensa Oficial

Normalização: Silvana de Almeida – Biblioteca – SISEMA

Corpo Editorial e Revisão: Denize Fontes Nogueira, Gabriella Soares Cardoso, Janaína A. Batista Aguiar, Jennifer Jéssica Alexandre Moreira, Maria Margaret de Moura Caldeira, Mônica Maia, Priscila Moreira de Andrade, Rodrigo Teribele, Sandra Mara Esteves de Oliveira.

Arte da Capa: Gilson Costa / Imprensa Oficial.
Fotos: Latini, R. O., Latini, A. O.,Marina Bueno.
Foto Capa: Rodrigo Teribele.
Imagem: Lagoa Dom Helvécio - Parque Estadual do Rio Doce.
Foto Contra Capa: R. O. Latini.
Imagem: *Pygocentrus nattereri* (piranha-vermelha).

Impressão:

IMPRENSA OFICIAL
Governo do Estado de Minas Gerais

Endereço:
Rodovia Papa João Paulo II, nº4143, Prédio Minas Bairro Serra Verde – Belo Horizonte – Minas Gerais
Brasil – CEP: 31.630-900
E-mail: projetospesquisas.ief@meioambiente.mg.gov.br
Site: www.ief.mg.gov.br

FICHA CATALOGRÁFICA

MG.Biota: Boletim Técnico Científico da Diretoria de Pesquisa e Proteção à Biodiversidade do IEF – MG. v.1, n.1 (2008) – Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas, 2008-

v.; il.
Edição trimestral a partir do v.6, n.1. 2013.
ISSN: 1983-3687

1. Biosfera – Estudo – Periódico. 2. Biosfera – Conservação. I. Instituto Estadual de Florestas. Diretoria de Pesquisa e Proteção à Biodiversidade
CDU: 502

Catalogação na Publicação – Silvana de Almeida CRB. 1018-6

Instruções para colaboradores MG.Biota

Os autores deverão enviar os seus artigos à Gerência de Projetos e Pesquisas (GPROP), conforme normas técnicas para colaboradores e acompanhada de uma declaração de seu autor ou responsável, nos seguintes termos:

"Transfiro para o Instituto Estadual de Florestas por meio da Diretoria de Pesquisa e Proteção à Biodiversidade, todos os direitos sobre a contribuição (citar Título), caso seja aceita para publicação no MG-Biota, publicado pela Gerência de Projetos e Pesquisas. Declaro que esta contribuição é original e de minha responsabilidade, que não está sendo submetida ao utro editor para publicação e que os direitos autorais sobre ela não foram anteriormente cedidos à outra pessoa física ou jurídica".

A declaração deverá conter: Local e data, nome e endereço completos, CPF e documento de identidade.

Normas técnicas para os colaboradores:

Os pesquisadores/autores devem preparar os originais de seus trabalhos, conforme as orientações que se seguem: NBR 6022 (ABNT, 2003).

1. Os textos deverão ser inéditos e redigidos em língua portuguesa;
2. Os artigos terão, no máximo, 25 laudas em formato A4 (210x297mm), impresso em uma só face, sem rasuras, fonte Arial, tamanho 12, espaço entre linhas de 1,5 e espaço duplo entre as seções do texto, assim como entre o texto e as citações longas, as ilustrações, as tabelas e os gráficos;
3. Os originais deverão ser entregues em duas vias impressas e uma via em CD-ROM (digitados em Word for Windows), com a seguinte formatação:

a) Título centralizado, em negrito e apenas a primeira letra maiúscula;
b) Nome completo do(s) autor(es), seguido do nome da instituição e titulação na nota de rodapé;
c) Resumo bilíngüe em português e inglês com, no máximo, 120 palavras cada;
d) Introdução, desenvolvimento (material e métodos, resultados e discussão), considerações finais ou conclusões;
e) As ilustrações (figuras, tabelas, desenhos, gráficos, mapas, fotografias, etc.) devem ser enviadas no formato TIFF ou EPS, com resolução mínima de 300 DPIs, em arquivo separado. Deve-se indicar a disposição preferencial de inserção das ilustrações no texto, utilizando para isso, no local desejado, a indicação da figura e o seu número, porém a comissão editorial se reserva do direito de uma recolocação para permitir uma melhor diagramação;
f) Uso de itálico para termos estrangeiros;
g) As citações no texto e as informações recolhidas de outros autores devem se apresentar segundo a norma: NBR 10520(ABNT, 2002);
   - Citações textuais curtas, com 3 linhas ou menos, devem ser apresentadas no corpo do texto entre aspas e sem itálico;
   - Citações textuais longas, com mais de 3 linhas, devem ser apresentadas em fonte Arial, tamanho 10 e devem constituir um parágrafo próprio, recuado, sem necessidade de utilização de aspas;
   - Notas explicativas devem ser apresentadas em rodapé, em fonte Arial, tamanho 10, enumeradas.
h) As referências bibliográficas deverão ser apresentadas no fim do texto, devendo conter as obras citadas, em ordem alfabética, sem numeração, seguindo a norma: NBR 6023(ABNT, 2002);
i) Os autores devem se responsabilizar pela correção ortográfica e gramatical, bem como pela digitação do texto, que será publicado exatamente conforme enviado.

Corpo Editorial MG.Biota

Endereço para remessa:

Instituto Estadual de Florestas - IEF
Gerência de Projetos e Pesquisas – GPROP
Boletim MG.Biota
Cidade Administrativa PresidenteTancredo Neves
Edifício Minas - 1º andar – Estações de trabalho: 01-232, 01-234 e 01-236
Rodovia Prefeito Américo Gianetti, s/nº
Bairro: Serra Verde
Belo Horizonte - MG
CEP: 31.630-900
email: projetospesquisas.ief@meioambiente.mg.gov.br
Telefones: (31) 3915-1324 e (31) 3916-9287.

MG.BIOTA

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - MG
DIRETORIA DE PESQUISA E PROTEÇÃO À BIODIVERSIDADE
GERÊNCIA DE PROJETOS E PESQUISAS

MG. BIOTA	Belo Horizonte	v. 9, n. 1	abr./jun.	2016

SUMÁRIO

Editorial 03

Como peixes exóticos se dispersam entre lagos no Médio Rio Doce?

Anderson Oliveira Latini 04

A invasão de peixes exóticos no Médio Rio Doce

Maise Soares de Moura, Marcela Costa Ferreira e Anderson Oliveira Latini 19

Reavaliação da composição e abundância da ictiofauna após décadas da introdução de piscívoros na lagoa Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce, MG

Marina Lopes Bueno, Jessica Cristina Carvalho, Daniel de Melo Rosa, Francisco Ricardo de Andrade Neto, Paulo dos Santos Pompeu 30

Em Destaque:

Pygocentrus nattereri Kner, 1858

Anderson Oliveira Latini 39

EDITORIAL

A introdução de peixes exóticos na bacia do Médio Rio Doce tem seus primeiros relatos datados nas décadas de 60/70 e é tema central de pesquisas constantes, que visam a avaliação dessa introdução e seus desdobramentos para a ictiofauna local. Essa edição do MG.Biota traz artigos com essa temática, sendo o primeiro intitulado “Como peixes exóticos se dispersam entre os lagos no Médio Rio Doce?”, com uma abordagem que objetivou entender o modo como os peixes exóticos que ocorrem nos lagos da região colonizam novos lagos a partir dos já colonizados. Trinta e dois lagos naturais localizados na unidade de conservação Parque Estadual do Rio Doce foram utilizados na amostragem dessa pesquisa, o que representa um estudo de extrema importância para o conhecimento do processo dessa dispersão na UC.

O artigo “A invasão de peixes exóticos no Médio Rio Doce”, teve como objetivo organizar o conhecimento disponível sobre estas invasões e avaliar a evolução destes desde 2001, modos de dispersão, ocorrência, colonização, impacto sobre os peixes nativos e também o papel da população local na dispersão desses peixes.

O artigo “Reavaliação da composição e abundância da ictiofauna após décadas da introdução de piscívoros na Lagos Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce, MG”, traz uma avaliação das mudanças da ictiofauna local, os impactos e a diminuição progressiva na riqueza das espécies nativas, após cerca de trinta anos da introdução de peixes piscívoros, especialmente *P. nattereri*.

Em Destaque: *Pygocentrus nattereri* Kner, 1858, popularmente conhecida como piranha-vermelha, espécie invasora em várias bacias hidrográficas do Brasil.

Sônia Aparecida Cordebelle de Almeida
Diretora de Proteção à Fauna - IEF

Como peixes exóticos se dispersam entre lagos no Médio Rio Doce?

Anderson Oliveira Latini[1]

Resumo

No trecho médio da bacia hidrográfica do rio Doce há um sistema lacustre que vem recebendo sucessivas introduções de peixes exóticos. Entre os lagos deste sistema há caminhos formados por suas vazantes até os riachos mais próximos que podem facilitar a dispersão destes peixes. Aqui testou-se a hipótese de que a maior extensão destes caminhos (corredores de dispersão) reduz as chances de ocorrência de peixes exóticos nos lagos. Assim sendo, 56 lagos tiveram a ocorrência de peixes exóticos e a extensão dos seus corredores de dispersão aferidos e, posteriormente, regressões logísticas foram usadas para testar a relação entre esta extensão e a presença dos peixes exóticos. Em lagos invadidos por peixes exóticos a extensão dos corredores é, em média, três vezes menor (t=2,437; p=0,030) e, de fato, esta extensão limitou a ocorrência de tucunarés (X^2=12,290; p<0,001) e de piranhas (X^2=17,913; p<0,001), os exóticos de maior incidência na região. Entretanto, a extensão dos corredores não influenciou na incidência de apaiaris (X^2=0,900; p=0,342), bagres Africanos (X^2=0,030; p=0,955) e tamboatás (X^2=0,346; p=0,556), que têm incidência mais restrita e menor tempo desde o seu primeiro registro na região. Os corredores explicam a dispersão dos peixes exóticos de maior incidência na região, mas, características bionômicas dos exóticos e aspectos mais particulares destes corredores podem ainda ser importantes para o melhor entendimento destas invasões biológicas. Exóticos presentes em lagos que possuem grandes corredores de dispersão, provavelmente foram introduzidos por simpatizantes, o que reforça o papel da educação em qualquer ação que vise conter ou remediar a dispersão de peixes exóticos na região.

Palavras-chave: lagos tropicais; espécies não nativas; impactos ambientais.

Abstract

In the middle section of the Doce River basin there is a lake system that has received successive introductions of exotic fish. Among the lakes of this system there are waterways that link lakes to streams and that can facilitate the spread of these exotic fish. Here was tested the hypothesis that the greater extent of these waterways reduces the chances of occurrence of exotic fish in the lakes. Thus, in 56 lakes were determined the occurrence of exotic fish and the extent of waterways, and after logistic regressions were used to test the relation between waterways length and the presence of exotic fish. Lakes invaded by exotic fish have waterways three times lower (t=2.437, p=0.030) them non-invaded ones and this extension has limited the occurrence of peacock bass (X^2=12.290, p<0.001) and piranhas (X^2=17.913, p<0.001), species of higher incidence in the region. However, the extent of the waterways did not influence the incidence of apaiaris (X^2=0.900, p=0.342), African catfish (X^2=0.030, p=0.955) and tamboatás (X^2=0.346, p=0.556), species of more restricted distribution and with less time from your introduction in the region. Waterways explain the dispersal of exotic fish with the highest incidence in the region, but bionomic characteristics of exotic and more particular aspects of these corridors may still be important for better understanding of these invasions. Exotic species present in lakes with large dispersal corridors were probably introduced by people, which reinforce the role of education in any action seeking to contain or to solve the dispersal of exotic fish in the region.

Keywords: tropical lakes; non-native species; environmental impacts.

[1] Professor Adjunto do Departamento de Ciências Exatas e Biológicas (DECEB) da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ),Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. MSc Ecologia Conservação e Manejo de Vida Silvestre (UFMG) e DSc Ecologia (Unicamp). E-mail: aolatini@ufsj.edu.br

Introdução

A bacia e os lagos

Situada na região sudeste do Brasil, a bacia hidrográfica do rio Doce é formada pelo rio Doce e seus tributários, sendo que o primeiro se estende por cerca de 850km, banhando terras de municípios de Minas Gerais e do Espírito Santo. Segundo o IBGE, residem cerca de 3 milhões de pessoas nesta bacia, com um maior adensamento na região do Vale do Aço, localizado no trecho médio desta bacia hidrográfica.

Neste trecho médio, também chamado de Médio Rio Doce (MRD), há uma paisagem formada por cerca de 140 lagos naturais que comumente são profundos e pobres em nutrientes (oligotróficos) e possuem formas irregulares (dendríticos) (FIG. 1A e B). Este lagos ainda tem a peculiaridade de poderem verter o excesso de suas águas no período das chuvas, havendo estrapolações de que isto deve possibilitar o contato de fauna aquática com riachos da região e, por consequência, com outros lagos (LATINI *et al*., 2004).

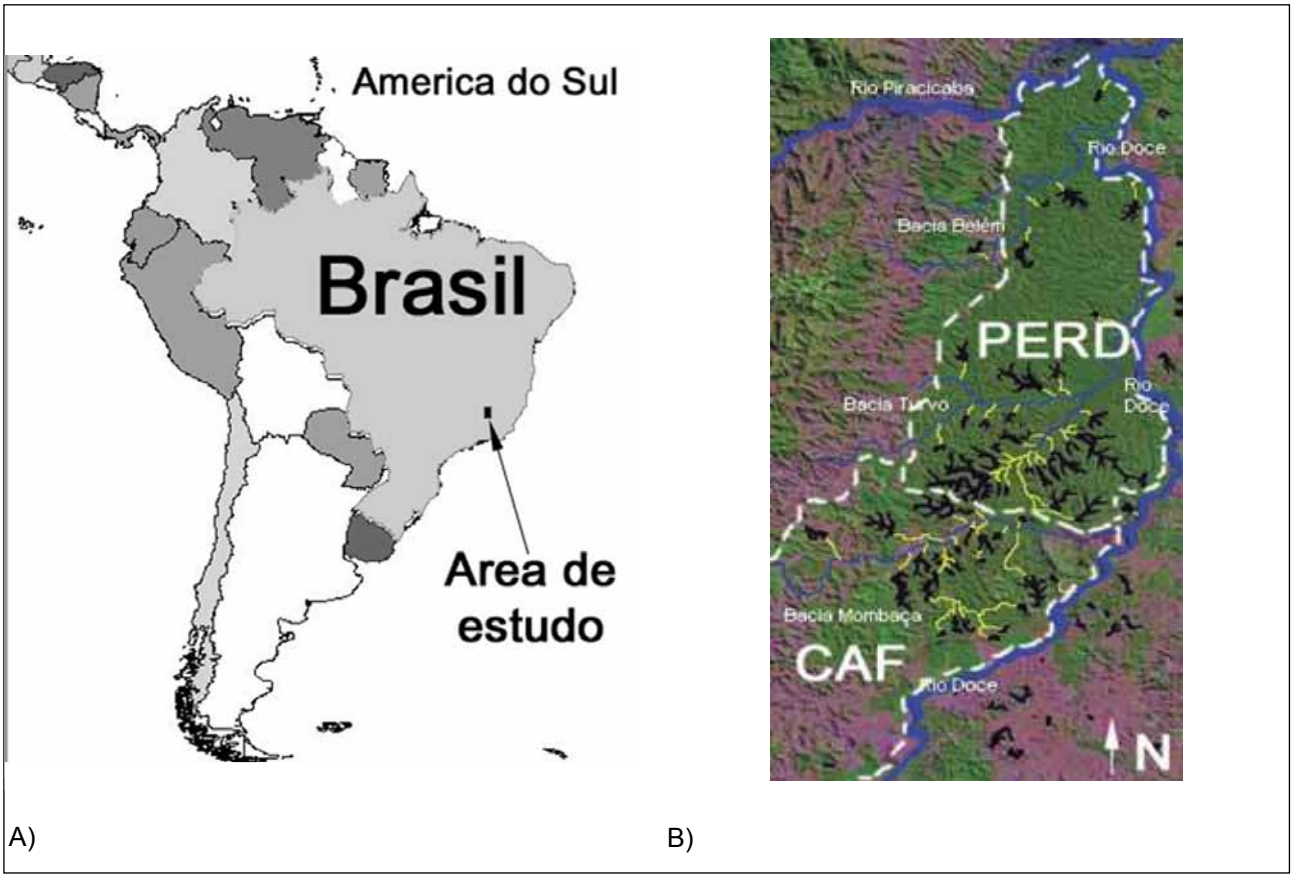


FIGURA 1 - A) Localização da região estudada na América do Sul.
B) Corte de imagem de satélite (LandSat 7 ETM, 1988) ilustrando o trecho da bacia do Rio Doce que foi estudado. A imagem indica os lagos (pontos escuros) emersos em uma matriz de mata (no PERD) e eucalipto (na CAF). O rio Doce se apresenta na figura no sentido sul-norte. São representadas as bacias do Belém, Turvo e Mombaça, todas quase perpendiculares ao rio Doce. Em amarelo são representados os cursos d'água temporários formados entre os lagos e riachos.

Introdução de espécies exóticas

Esta região apresenta aproximadamente um terço da riqueza de peixes da bacia do rio Doce (GODINHO & VIEIRA, 1998), mas, apresenta diversos problemas ambientais ameaçando esta riqueza em espécies. Destaca-se entre estes problemas, a introdução de peixes exóticos, que é capaz de alterar diversos aspectos da ictiofauna nativa (GIACOMINI *et al*., 2011).

Nas últimas décadas a dispersão de espécies pelo mundo tem aumentado muito em função da intermediação humana (OLDEN *et al*., 2004; MIRÓ & VENTURA, 2014). Estas espécies que alcançam outros habitats por intermédio do Homem são as chamadas "exóticas" (COLAUTTI & MACISAAC, 2004) e são importante causa de perturbações dos ambientes naturais (GUO & OLDEN, 2014). Estes organismos alteram os ecossistemas e as comunidades nativas, causando até mesmo a extinção local de espécies nativas, como ilustram a introdução do mexilhão zebra *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) (WARD E RICCIARDI, 2007), do aguapé *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (NDIMELE, 2012), da perca do Nilo *Lates niloticus* (VAN DE WOLFSHAAR, 2014) ou de plantas como a acácia negra *Acacia mearnsii* De Wild (RICHARDSON *et al*., 2008).

No MRD os peixes exóticos pertencem a pelos menos sete espécies diferentes, oriundos do continente Sul Americano e Africano e foram introduzidos por clubes de pesca e pequenos produtores da região sendo detectados pela primeira vez em 1983 (SUNAGA & VERANI, 1991). Estes exóticos, com destaque para o tucunaré *Cichla* cf. *ocellaris* Bloch & Schneider, 1801 e para a piranha vermelha *Pygocentrus nattereri* Kner, 1858, reduzem a riqueza e a diversidade de peixes nativos nos lagos do MRD (GIACOMINI *et al*., 2011) e certamente continuam se dispersando pela região, com ou sem interferência humana. Esta dispersão pode estar sendo facilitada (LATINI, 2005) por três riachos na margem esquerda do rio Doce (Belém, Turvo e Mombaça), que recebem água dos lagos em períodos de elevada precipitação.

Após organismos exóticos atingirem novos habitats, as condições e os recursos locais atuam como limitantes à sua sobrevivência, reprodução e alcance de um tamanho mínimo viável pela sua população (HART & MERZ, 1998; TREXLER *et al*., 2000; HEGER & TREPL, 2003). Mas, antes de serem hábeis em causarem grandes alterações nos habitats invadidos (e.g. ERCOLI *et al*., 2014), o sucesso da colonização de um novo habitat por qualquer organismo exótico é precedido pela transposição de corredores de dispersão e de "filtros" ou "barreiras" que estes apresentam (KOLAR & LODGE, 2001). De modo geral, a maior semelhança dos corredores de dispersão com o habitat nativo da espécie exótica (por exemplo, temperatura e umidade ou recursos disponíveis) deve aumentar as chances de invasão nos novos habitats (FRASER *et al*., 1999).

O objetivo deste trabalho foi entender o modo como peixes exóticos que ocorrem nos lagos do MRD colonizam novos lagos a partir dos já colonizados. Assim, testei a hipótese de que "a extensão dos corredores de dispersão que ligam os lagos aos riachos

limita a ocorrência de peixes exóticos nos lagos estudados". A predição é a de que o simples aumento da dimensão dos corredores aumenta o tempo necessário para o corredor se manter em boas condições (por exemplo, com água!) e aumenta também as chances de maiores obstáculos à dispersão e sobrevivência de peixes exóticos.

Metodologia

Os lagos estudados

Foram amostrados 56 lagos naturais na bacia do rio Doce, Minas Gerais, todos localizados entre as latitudes 19º30'S e 19º52'S e longitudes 42º30'W e 42º38'W. Trinta e dois destes lagos se encontram em uma unidade de conservação, o Parque Estadual do Rio Doce – PERD, com uso restrito à pesquisa científica, salvo o Lago Dom Helvécio onde é permitida a pesca amadora de peixes exóticos. Os outros 24 lagos amostrados se encontram em áreas particulares do Grupo Arcelor – CAF Santa Bárbara, onde seu uso principal se volta à pesca amadora e ao abastecimento de água potável (FIG. 1B).

No primeiro semestre de 2002, uma rotina de amostragem para um inventário rápido de peixes exóticos em 56 lagos foi aplicada com quatro métodos de amostragem detalhes em LATINI *et al*., 2004): entrevistas com pescadores amadores, a visualização a olho nu, a pescaria com molinetes e a pesca com redes de espera (1 rede de cada uma das malhas 15, 20, 30, 40, 50 e 60 mm, com 10 m de comprimento e 1,6 m de altura, por 30 minutos, totalizando o esforço de 30 $m.h^{-1}$). Os peixes amostrados foram fixados em formalina a 10% e identificados no laboratório com auxílio de chaves apropriadas (GÉRY, 1977; GARAVELO, 1979; BRITSKI *et al*., 1999) e exemplares testemunhos foram depositados no Museu de Zoologia João Moojen da Universidade Federal de Viçosa.

Os corredores de dispersão

Para testar a hipótese de que a distância dos corredores de dispersão que liga os lagos aos riachos (FIG. 2 A, B e C) limita a ocorrência de peixes exóticos nos lagos estudados, após a realização de dois voos de helicóptero na região e após a visita a cada um dos lagos amostrados, foram identificados na imagem de satélite da região (LANDSAT 7 ETM, 2000) os corredores de dispersão para cada um dos 56 lagos (posição aproximada na FIG. 1B), existentes em períodos de elevada pluviosidade. Após a determinação dos corredores de dispersão, cada um deles teve o seu comprimento medido com o uso da imagem de satélite.

Para testar se há uma relação entre a extensão dos corredores de dispersão e a incidência dos exóticos, foram relacionadas à ocorrência de cada peixe exótico à distância absoluta dos corredores de dispersão que ligam os 56 lagos até o riacho mais próximo. Nas análises, a distância absoluta foi considerada a variável independente, enquanto a resposta dicotômica de presença/ausência das espécies, as variáveis dependentes.

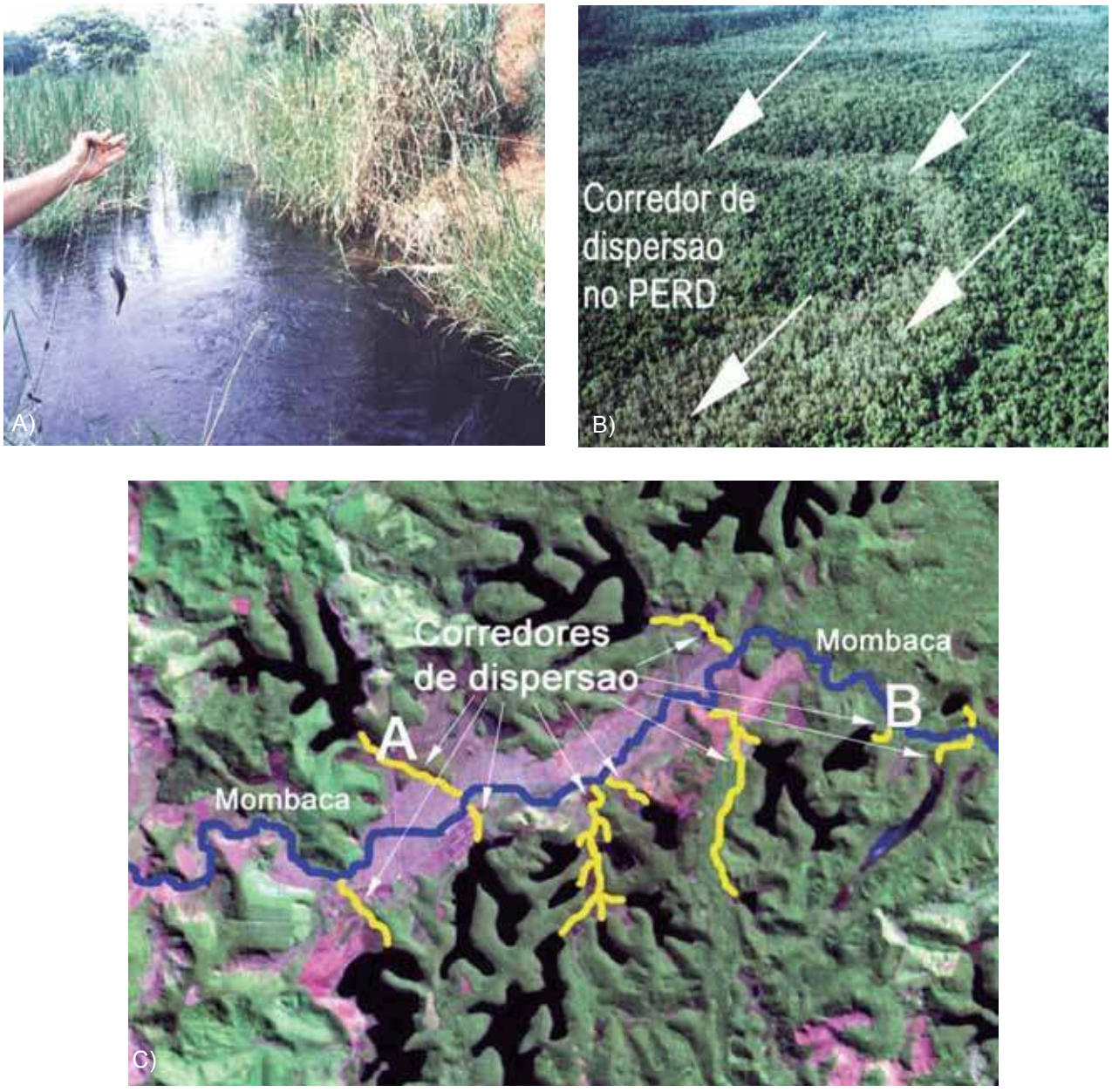


FIGURA 2 - Corredores temporários de dispersão entre lagos e riachos do Médio Rio Doce
A) ilustra a captura de um exemplar de tambaotá *H. litoralle* no corredor de dispersão do lago Jacaré (CAF);
B) visualização de um corredor de dispersão dentro da mata do PERD;
C) ilustra o ponto onde foi registrada a foto "A", além do ribeirão Mombaça ao centro (B) e as vazantes dos lagos em direção ao ribeirão

Análises

Foi feita uma análise exploratória, para testar se os valores médios de tamanho dos corredores de dispersão diferem entre os grupos de lagos invadidos e não invadidos. Para isto foi utilizado o teste t com variâncias consideradas em separado devido à sua não homogeneidade entre os grupos (WELCH, 1938). Para conhecer a relação entre o comprimento dos corredores de dispersão e a incidência de peixes exóticos nos lagos,

foi utilizado o modelo de regressão logística (HOSMER & LEMESHOW, 1989), que considera a distribuição de frequências de variáveis dicotômicas (presença ou ausência de peixes exóticos nos lagos (incidência – J)) que pode ter valores diferentes em função da variável quantitativa contínua, extensão dos corredores. Os peixes tambaqui e tilápia não foram incluídos nas análises por apresentarem ocorrência em somente um lago. O nível de significância usado foi de 5%.

Resultados

E como se distribuem os peixes exóticos?

A partir do inventário foi possível registrar a presença de sete peixes exóticos nos lagos (LATINI *et al.*, 2004; FIG. 3): tucunaré *Cichla* cf *ocellaris* (Bloch and Schneider 1801), piranha vermelha *Pygocentrus nattereri* (Kner 1858), apaiari *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831), tamboatá *Hoplosternum litoralle* (Hancock, 1828), tambaqui *Colossoma macropomum* (Curvier, 1818), bagre Africano Clarias *gariepinus* (Burchell, 1822) e a tilápia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Entre os exóticos, os de maior incidência nos lagos da região são a piranha e o tucunaré, estando presentes em 53,5%, dos lagos estudados. Sem discriminação por espécie, os peixes exóticos estão presentes em 71,4% dos lagos.

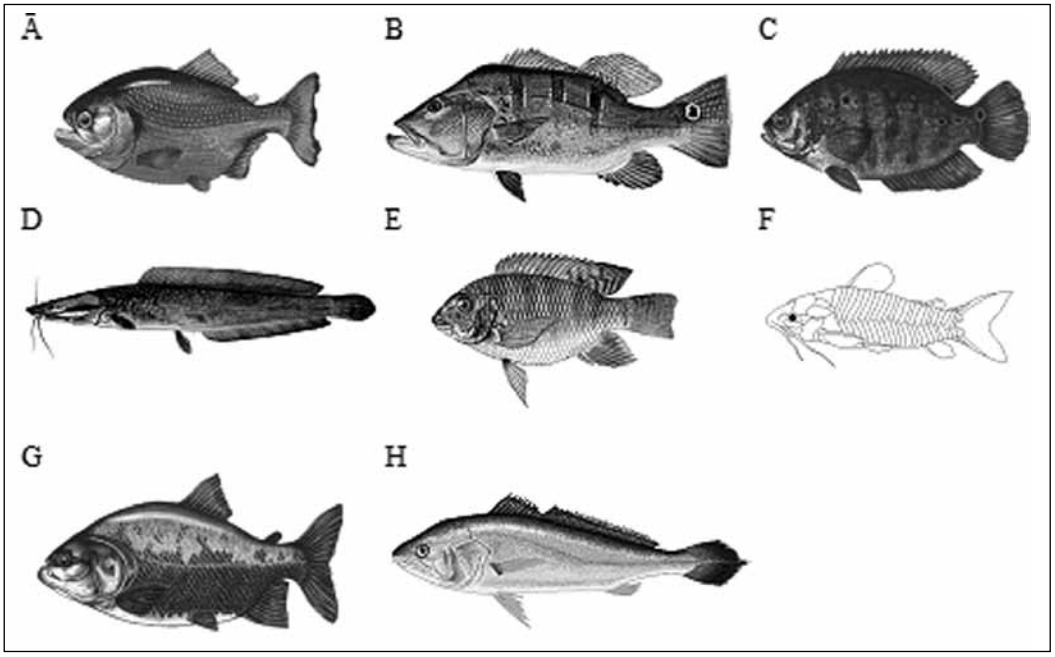


FIGURA 3 – Desenhos ilustrativos de cada um dos peixes exóticos que já foi registrado nos lagos do médio rio Doce:
A - piranha
B - tucunaré
C -apaiari
D - bagre Africano
E - tilápia
F - tamboatá
G - tambaqui
H - pescada do Piauí (H).
FONTE: Froese & Pauly (2004).

Lagos com peixes exóticos têm corredores de dispersão com extensão menores (t=2,437; g.l.=12,9; p=0,030) (GRÁF. 1), sendo em média, três vezes menores (média de 1241,1m) quando comparados com a extensão dos corredores em lagos não invadidos (média de 3419,3m). Ainda de modo exploratório, cerca de 80% do conjunto dos lagos que tem distância entre sua vazante e o riacho mais próximo, menores do que 0,5 km, tem peixes exóticos (GRÁF. 2). Cerca de 20% dos lagos com distância entre a vazante e um riacho maiores de 0,5 km e menores que 3 km têm estes peixes exóticos. Por fim, no grupo de lagos que têm mais de 3 km entre sua vazante e um riacho, somente 5% possuem peixes exóticos.

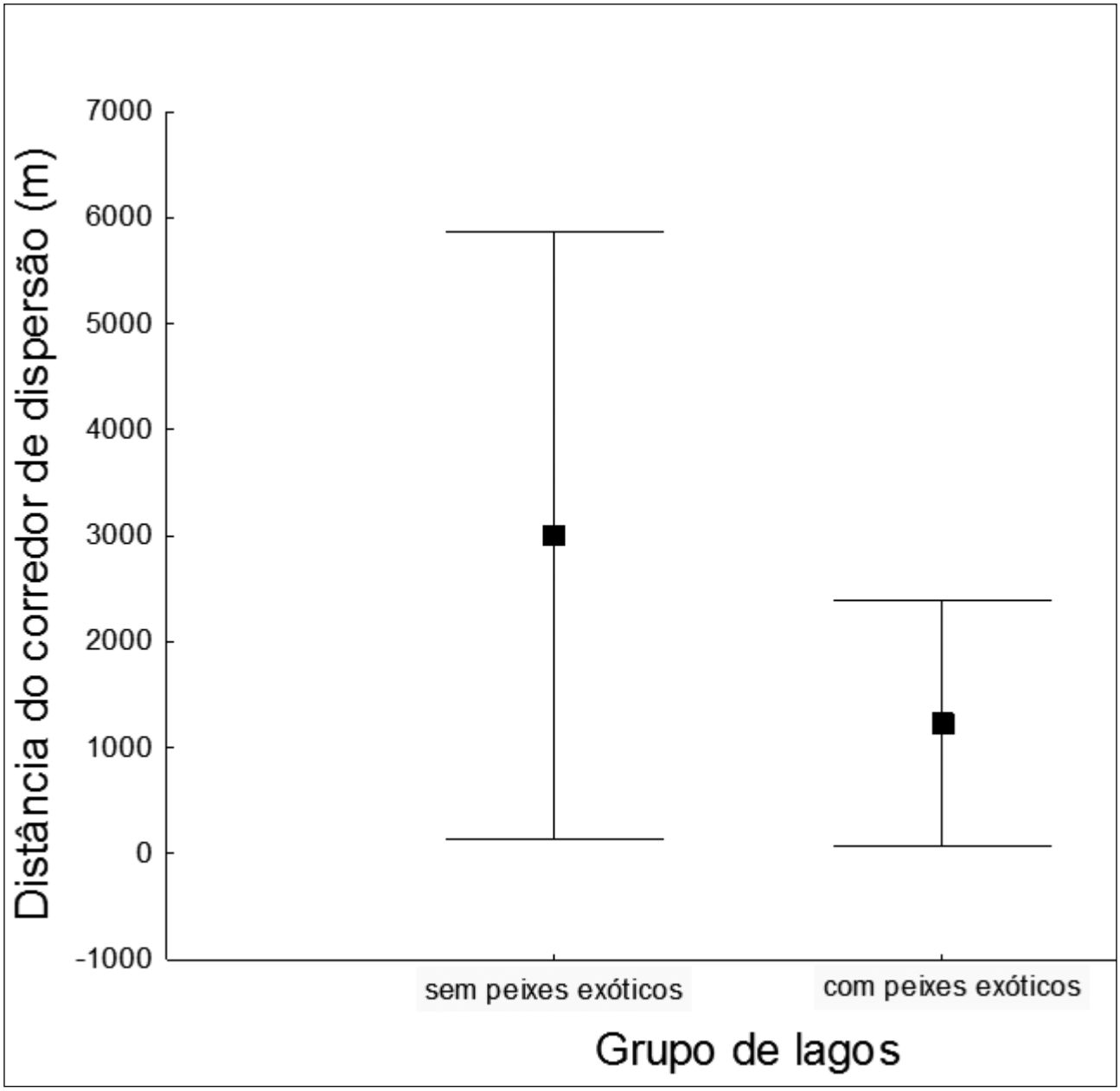


GRÁFICO 1 – Extensão dos corredores de dispersão para os dois grupos de lagos, invadidos e não invadidos por peixes exóticos no Médio Rio Doce. O ponto representa a média e a medida de dispersão trata do desvio padrão.

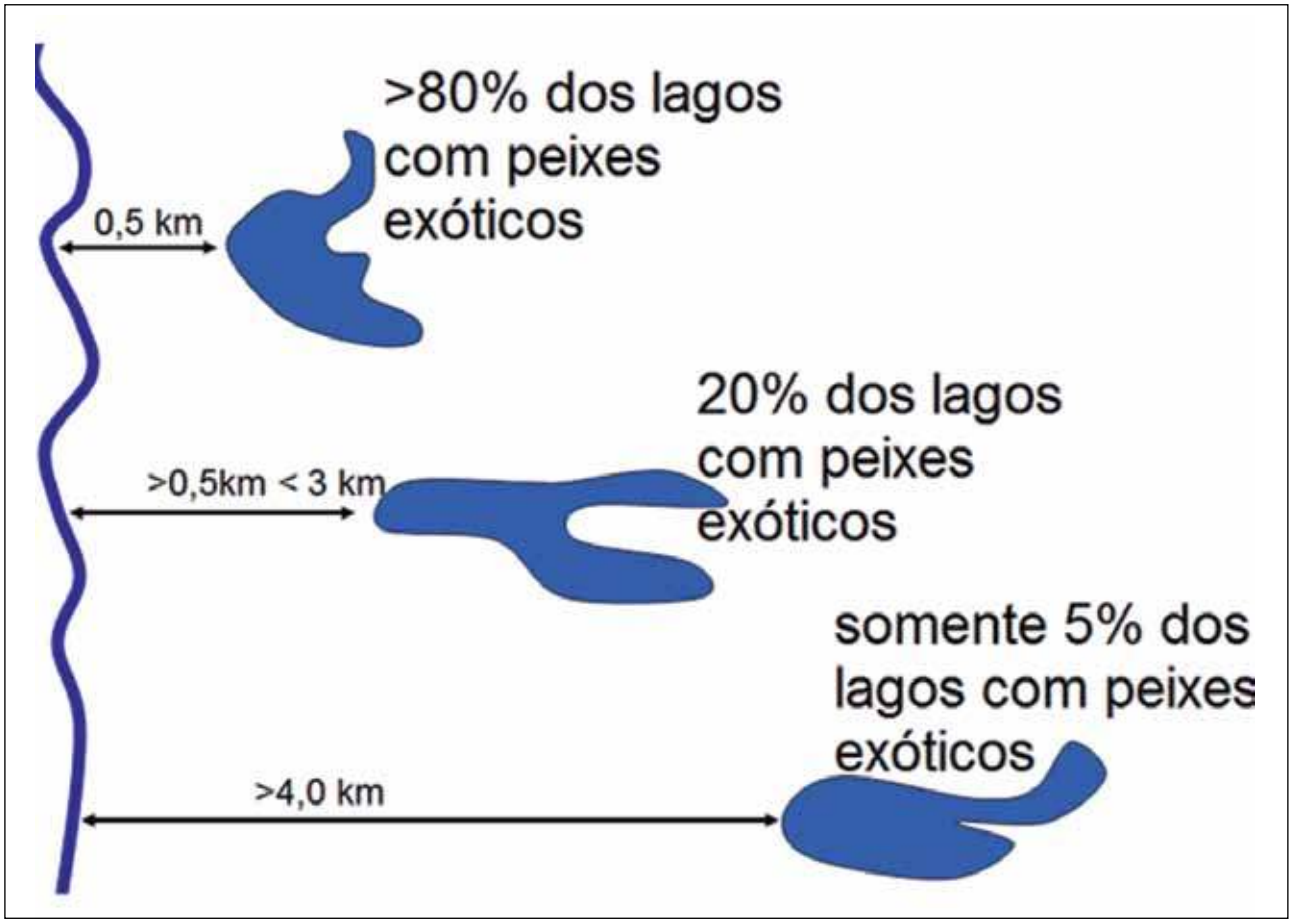


GRÁFICO 2 – Esquema representativo da relação generalizada entre intervalos de ex tensão dos corredores de dispersão entre lagos (representados por figuras irregulares em azul) e riachos (representados por uma linha azul à esquerda) e a frequência de invasão por peixes exóticos em lagos do Médio Rio Doce.

Para o apaiari (X^2=0,900; p=0,342), o bagre Africano (X^2=0,030; p=0,955) e o tamboatá (X^2=0,346; p=0,556), não houve relação entre a extensão dos corredores de dispersão e a probabilidade de sua incidência nos lagos da região estudada. Contudo, o aumento do comprimento dos corredores de dispersão reduziu a incidência média (valores negativos de ß) da piranha (X^2=17,913; p<0,001) e do tucunaré (X^2=12,290; p<0,001).

Discussão

Peixes de baixa incidência

A ocorrência das espécies exóticas, apaiari, bagre Africano e tamboatá, não se relacionam com a extensão dos corredores de dispersão. Uma possível explicação é o fato destas espécies terem sido introduzidas na região mais recentemente, possivelmente no final da década de 90 (LATINI, 2001) e, por isso, tiveram menos tempo desde a

sua introdução o que pode afetar o estado da invasão em que se encontravam à época de amostragem e o número de possibilidades de fornecer propágulos invasores para os corredores de dispersão.

Estas espécies poderiam ainda não ter populações suficientemente estruturadas para emitir propágulos em quantidades suficientes para a colonização de novos habitats. Se o tempo realmente for importante para determinar a incidência desses peixes, então há ainda chances de expansão da incidência das espécies exóticas na região, tanto estas de menor incidência como as de maior incidência. Hoje, o número de lagos colonizados por estas espécies é pequeno e a informação sobre sua colonização é uma única (a desse estudo), ou seja, somente uma medida no tempo está disponível para o estudo da dispersão dessas espécies no MRD. A continuidade de uso do inventário rápido da incidência das espécies exóticas pode ser estratégica e fornecer meios para estudar a forma como se dará o avanço desta dispersão.

Outra explicação plausível é o fato de que diversas características dos corredores (ex: pressão de predadores, profundidade, velocidade da água e oxigenação) podem limitar a sua travessia por propágulos das espécies de menor incidência (FRASER *et al*., 1999). Assim é possível que as condições impostas pelos corredores de dispersão estejam afetando o sucesso da dispersão dos propágulos exóticos invasores (JACKSON *et al*., 2001), fazendo com que a incidência dessas espécies seja pequena. Se esta hipótese for correta, a localização espacial dos lagos onde estes peixes ocorrem deve ser determinada principalmente pela ação do homem na sua dispersão, estando agregados em torno das comunidades humanas que os margeiam. O teste da precisão dessa hipótese, comparando o número de lagos próximos e distantes das comunidades e que possuem essas espécies, não pôde ser feito porque o número de lagos que possuem essas espécies é muito baixo.

Há ainda uma variável que poderia estar atuando sobre a incidência dessas espécies nos lagos: a pressão de predação por piranhas e tucunarés que são os primeiros exóticos que foram introduzidos na região. A piranha possui eficientes táticas de predação (SAZIMA & MACHADO, 1990) e o tucunaré é um predador ativo muito eficiente (FONTENELE & PEIXOTO, 1979). Consequentemente é provável que para uma nova espécie de peixe conseguir se estabelecer nos lagos invadidos, ela deva ser um predador eficiente com forte cuidado à prole ou uma possível presa dotada de eficientes mecanismos anti-predatórios.

Contudo, há evidências recentes que apontam para uma relação positiva indireta (facilitação) crescente, exercida a partir de espécies exóticas que são introduzidas primeiro, sobre espécies exóticas posteriormente introduzidos nos mesmos habitats (SIMBERLOFF & VON HOLLE, 1999). A ideia é que os primeiros exóticos desestruturam ecologicamente as comunidades invadidas e a invasibilidade dessas comunidades aumenta. De fato, este tipo de relação foi recentemente demonstrada nos lagos do MRD, para o tamboatá (LIMA-JÚNIOR & LATINI, em preparação). Nesse trabalho, é ilustrado que a abundância em número e em

peso de tamboatás é maior em lagos onde existem outros peixes exóticos introduzidos anteriormente, ou seja, peixes exóticos que foram introduzidos primeiro nos lagos aparentemente facilitam a colonização de outros peixes exóticos.

Por último, há ainda a possibilidade de que todos os três fatores, tempo desde a introdução, resistência à dispersão nos corredores e pressão de predação dos peixes exóticos previamente existentes, estejam interagindo para determinar o processo de invasão por outros exóticos nestes lagos e determinando a baixa ocorrência de alguns destes peixes.

Efeito dos corredores de dispersão

A incidência de qualquer organismo exótico depende de sua própria capacidade de dispersão e da conectividade entre o habitat invadido e o habitat alvo (ELTON, 1958). Nos lagos do MRD, a piranha e o tucunaré têm a sua incidência relacionada com a extensão dos corredores de dispersão. A probabilidade de ocorrência dessas espécies é maior nos lagos que têm os menores corredores de dispersão.

Em estudos sobre o efeito de fragmentação nos habitats terrestres os corredores são considerados elementos da paisagem capazes de reduzir o isolamento entre as populações e, portanto, de trazer benefícios para a conservação das espécies, reduzindo suas chances de extinção (BEIER & NOSS, 1998). No entanto, os corredores podem também facilitar a dispersão de doenças, fogo, espécies exóticas e expor mais os animais à caça (SIMBERLOFF *et al*., 1992). No conjunto de lagos que estudei, antes da introdução dos peixes exóticos, certamente os corredores exerceram um importante papel na colonização dos lagos por espécies de água corrente, como, por exemplo, a sardinha *Lycengraulis* sp. Mas, após a introdução das espécies de peixes exóticos, esses corredores passaram a facilitar a dispersão desses peixes e consequentemente, a acelerar a redução da diversidade de peixes nativos nesses lagos e em ambientes lóticos da região. Deste modo, do ponto de vista da conservação, os corredores de dispersão destes lagos exercem também riscos semelhantes aos apontados para os ecossistemas terrestres.

A dispersão do molusco exótico *Dreissena polymorpha* na América do Norte e na Europa (KRAFT *et al*., 2002) e do cladócero exótico *Daphnia lumholtzi* nos EUA (HAVEL *et al*., 2002) são também mediadas por corredores de dispersão (*waterways*) e, assim como neste estudo, a probabilidade de ocorrência desses organismos é maior em lagos com menor isolamento espacial. Este padrão é tipicamente encontrado quando a dispersão do exótico depende da própria capacidade de dispersão da espécie, através de corredores de dispersão. Assim, tanto para moluscos, cladóceros e peixes exóticos, esses eventos de colonização a curtas distâncias devem ser muito importantes na dinâmica de suas invasões biológicas.

Contudo, o uso de dimensões absolutas de distâncias entre habitats pode não ser suficiente para explicar a colonização de espécies em eventos de dispersão, principalmente a longas distâncias, como já apontado por

Buchan & Padilla (1999) em estudos de dispersão de insetos aquáticos exóticos. Portanto, o investimento em pesquisa no estudo de dispersão de organismos aquáticos deve dar atenção para o ambiente terrestre vizinho aos habitats aquáticos e à própria composição vegetacional em toda a extensão dos corredores de dispersão. Esta preocupação trata de trabalho em elaboração no momento.

Estudos sobre invasões de ecossistemas aquáticos continentais

O uso do espaço na explicação da dinâmica de populações e de comunidades com aplicação em biologia da conservação tem aumentado nos últimos anos, sobretudo a partir do advento da teoria de biogeografia de ilhas e de metapopulações (MACARTHUR & WILSON, 1967). Esses estudos atestam que a movimentação de indivíduos entre manchas de habitat pode, além de reduzir as taxas de extinção, permitir a recolonização de habitats por populações previamente extintas. No entanto, o conhecimento desses processos em ecossistemas aquáticos é ainda muito limitado, resumindo-se a poucos estudos que abordaram a similaridade entre rios e lagos (EADIE *et al*., 1986) e a relação entre o isolamento de suas faunas e suas chances de extinção (MAGNUSON *et al*., 1998).

O isolamento de um lago em relação aos ecossistemas circundantes deve ser determinado principalmente em função da frequência e intensidade com que este extravasa o excesso de água que recebe durante as chuvas e em função das atividades humanas que se desenvolvem em seu interior e entorno. Assim, os corredores de dispersão, incluindo as suas características internas (e.g. profundidade, pressão de predação e competição) exercem grande importância na determinação do isolamento destes corpos d'água (JACKSON *et al*., 2001). O sistema lacustre do MRD constitui então, um excelente laboratório a céu aberto, comparável a manchas de habitat com seus corredores de conexão muito bem definidos e que permite além das interpretações feitas aqui, a preparação de estudos futuros sobre a taxa de movimentação, de colonização e de recolonização das populações nativas e exóticas de peixes.

Em geral, os estudos de invasões biológicas são acompanhados de limitações experimentais (MARCHETTI *et al*., 2004), entre estas (i) a ausência do relacionamento do organismo exótico com o contexto social em que as invasões ocorrem, (ii) a omissão de dados sobre a invasão de espécies nativas do país em outras bacias, (iii) o uso de pequenas escalas de estudo e (iv) o uso de um pequeno número de amostras. Neste estudo, consegui superar essas limitações, incluindo registros sobre o interesse dos pescadores locais na dispersão dos peixes exóticos e trabalhando com espécies exóticas de outras bacias do Brasil e de outros países em uma grande escala geográfica, que possibilitou o uso de 56 lagos. Portanto, este trabalho representa uma contribuição para o estudo de invasões biológicas em ecossistemas aquáticos, já que apresenta uma abordagem inédita sobre a influência da matriz para a dispersão de peixes exóticos, que são informações raras, especialmente quando comparadas com

aquelas do ecossistema terrestre (COHEN & CARLTON, 1998).

Perspectivas para a ictiofauna nativa

A exemplo dos estudos de Havel *et al*. (2002), a dispersão dos peixes exóticos nos lagos do Médio Rio Doce pode estar longe de ser cessada. A maior parte dos lagos não invadidos se encontra a grandes distâncias dos riachos o que lhes confere certa proteção à invasão dos peixes exóticos. Contudo, os peixes exercem certa atração sobre a população local, o que constitui um risco para a sua dispersão mediada pelo Homem.

Se a eliminação de espécies exóticas invasoras é muito difícil (WINFIELD & DURIE, 2004) e o impacto de sua invasão é frequentemente elevado para a comunidade nativa (ZARET & PAINE, 1973; KITCHELL *et al*., 1997; LATINI & PETRERE, 2004; 2007; SINGH *et al*., 2014), é preciso impedir que os peixes exóticos tenham acesso aos lagos ainda não invadidos. Apesar de planos de manejo serem frequentemente relatados como de baixa eficiência (SIMBERLOFF, 2001a, b), a única forma de se tentar impedir o acesso dos peixes exóticos aos lagos não invadidos é a aplicação de ações de manejo enfocadas em trabalhos de educação ambiental nas comunidades vizinhas aos lagos estudados.

A educação pode ser o meio mais efetivo para reduzir o risco associado com a introdução dos peixes exóticos nos lagos estudados (LIMA *et al*., 2010), assim como foi na Espanha (ELVIRA & ALMODÓVAR, 2001) e na Inglaterra (HUICKLEY & CHARE, 2004) em circunstâncias parecidas. É possível que na ausência de ações como esta, a incidência desses peixes exóticos se aproxime da totalidade dos lagos estudados em poucos anos (LATINI *et al*., 2004; 2005).

Considerações finais

A dispersão de espécies, entre elas as exóticas, é limitada pelas condições abióticas e bióticas dos corredores de dispersão e especialmente dos habitats-alvo. É verdade que podemos modelar a invasão de muitos organismos exóticos utilizando as suas respostas às variáveis bióticas e abióticas, mas, essas regras parecem não ser seguidas por alguns organismos exóticos, que possuem um grande potencial de invasão, tais como a piranha e o tucunaré.

Considerando o sucesso dos peixes exóticos nos lagos estudados e a indicação de que a extensão dos corredores de dispersão é essencial para a sua invasão em novos habitats faço duas predições: 1) as áreas prioritariamente ameaçadas por invasões futuras de peixe de água doce são os habitats lênticos, com intercomunicação natural e que apresentam pequenas distâncias entre si ou que apresentam alguma comunicação resultante de atividades humanas e 2) peixes de água doce com desova parcelada em sistemas lênticos, com forte cuidado da prole, com dieta carnívora ou muito plástica e com algum interesse para uso comercial ou de lazer, devem constituir os melhores invasores do grupo.

Esse estudo representa um progresso para o conhecimento de processos que re-

gulam a incidência e a dispersão de peixes exóticos e a sua relação com fatores espaciais. A partir daqui, é importante conhecer se há uma relação dos peixes exóticos com a área, forma e heterogeneidade dos ambientes invadidos, que são variáveis capazes de afetar a incidência de exóticos (MARCHETTI *et al*., 2004). Também é importante estudar o comportamento dos invasores e possíveis relações entre variáveis abióticas locais (por exemplo, a oxigenação e o pH) que podem afetar a incidência de peixes exóticos (KOUAMÉLAN *et al*., 2003).

Há muitos anos Elton (1958) fez o apelo para que ecólogos iniciassem estudos quantitativos, relacionando a ocorrência de espécies exóticas com os habitats invadidos e, sobretudo, às características presentes nas espécies de grande potencial invasor, objetivando a predição de quem são os invasores e quais são os habitats mais susceptíveis às invasões. Hoje, praticamente, 60 anos depois, os ecólogos ainda não têm respostas claras para algumas destas questões, mas a tendência atual indica que estamos trilhando este caminho.

Referências

BEIER, P.; NOSS, R. F. Do corridors provide connectivity? **Conservation Biology**, v. 12, p. 1241-1252, 1998.

BRITSKI, H. A.; SILIMON, K. Z. S.; LOPES, B. S. **Peixes do Pantanal: manual de identificação**. Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 1999.

BUCHAN, L. A. J.; PADILLA, D. K. Estimating the probability of long-distance overland dispersal of invading aquatic insects. **Ecological Applications**, v. 9, p. 254-265, 1999.

COHEN, A. N.; CARLTON, J. T. Accelerating invasion rate in a highly invaded estuary. **Science,** v. 279, p. 555-558, 1998.

COLAUTTI, R. I.; MACISAAC, H. J. A neutral terminology to define 'invasive' species. **Diversity and Distribution**, v. 10, p. 135-141, 2004.

EADIE, J. M.; HURLY, T. A.; MONTGOMERIE, R. D.; TEATHER, K. L. Lakes and rivers as islands: species area relationships in the fish faunas of Ontario. **Environmental Biology of Fishes**, v. 15, p. 81-89, 1986.

ELTON, C. S. **The Ecology of Invasions by Animals and Plants**. New York, USA: Wiley, 1958.

ELVIRA, B. & ALMODÓVAR, A. Freshwater fish introductions in Spain: facts and figures at the beginning of the 21st century. **Journal of Fish Biology**, v. 59, p. 323-331, 2001.

ERCOLI, F.; RUOKONEN, T. J.; HÄMÄLÄINEN, H.; JONES, R. I. Does the introduced signal crayfish occupy an equivalent trophic niche to the lost native noble crayfish in boreal lakes? **Biological Invasions**, v. 16, n. 10, p. 2025-2036, 2014.

FONTENELE, O.; PEIXOTO, J. T. Apreciação sobre os resultados da introdução do tucunaré comum Cichla ocellaris (Bloch & Scheider, 1801), nos açudes do Nordeste Brasileiro, através da pesca comercial. **Boletim Técnico do DNOCS**, v. 37, p. 109-134, 1979.

FRASER, D. F.; GILLIAM, J. F.; MACGOWAN, M. P.; ARCARO, C. M.; GUILLOZET, P. H. Habitat quality in a hostile river corridor. **Ecology,** v. 80, p. 597-607, 1999.

FROESE, R.; PAULY, D. Fishbase. World Wide Web electronic publication (www.fishbase.org) version (04/2004), 2004.

GARAVELO, J. C. **Revisão taxonômica do gênero Leporinus SPIX, 1829 (Ostariphusi, Anostomidae).** São Paulo: Instituto de Biociências, USP, 1979.

GÉRY, J. **Characoids of the World**. Neptune: T. F. H. Publication Inc. Ltd., 1977.

GIACOMINI H. C.; LIMA JR. D. P.; LATINI A. O.; ESPIRITO-SANTO H. M. V. Spatio-temporal segregation and size distribution of fish assemblages as related to non-native species occurrence in the middle rio Doce Valley, MG, Brazil. **Neotropical Ichthyology,** v. 9, p. 135-146, 2011.

GODINHO, A. L. & VIEIRA, F. Ictiofauna. In: COSTA, C. (ed.). **Biodiversidade em Minas Gerais:** um atlas para sua conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1998. p. 44-46.

GUO, Q.; OLDEN, J. D. Spatial scaling of non-native

fish richness across the United States. **PLoS ONE**, v. 9. n. 5, doi:10.1371/journal.pone.0097727, 2014.

HART, D. D.; MERZ, R. A. Predator-prey interactions in a benthic stream community: a field test of flow-mediated refuges. **Oecologia**, v. 114, p. 263-273, 1998.

HAVEL, J. E.; SHURIN, J. B.; JONES, J. R. Estimating dispersal from patterns of spread: Spatial and local control of lake invasions. **Ecology**, v. 83, p. 3306-3318, 2002.

HEGER, T. & TREPL, L. Predicting biological invasions. **Biological Invasions**, v. 5, p. 313-321, 2003.

HOSMER, D. W. & LEMESHOW, S. **Applied logistic regression.** New York: Wiley, 1989.

HUICKLEY, P.; CHARE, S. Fisheries for non-native species in England and Wales: angling or the environment? **Fisheries Management and Ecology**, v. 11, p. 203-212, 2004.

JACKSON, D. A.; PERES-NETO, P. R.; OLDEN, J. D. What controls who is where in freshwater fish communities - the roles of biotic, abiotic and spatial factors. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 58, p. 157-170, 2001.

KITCHELL, J. F.; SCHINDLER, D. E.; OGUTU-OHWAYO, R.; REINTHAL, P. N. The Nile Perch in Lake Victoria: Interactions between predation and fisheries. **Ecological Applications**, v. 7, p. 653-664, 1997.

KOLAR, C. S. & LODGE, D. M. Progress in invasion biology: predicting invaders. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 16, p. 199-204, 2001.

KOUAMÉLAN, E. P.; TEUGELS, G. G.; N'DOUBA, V.; BI, G. G.; KONÉ, T. Fish diversity and its relationships with environmental variables in a West African basin. **Hydrobiologia**, v. 505, p. 139-146, 2003.

KRAFT, C. E.; SULLIVAN, P. J.; KARATAYEV, A. Y.; BURLAKOVA, L. E.; NEKOLA, J. C.; JOHNSON, L. E.; PADILLA, D. K. Landscape patterns of an aquatic invader: Assessing dispersal extent from spatial distributions. **Ecological Applications**, v. 12, p. 749-759, 2002.

LATINI, A. O. Estado Atual e Perspectivas para a Ictiofauna da Região do Parque Estadual do Rio Doce, MG. In: Instituto Estadual de Florestas & Projeto Doces Matas (Ed.) **Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce, MG**. Belo Horizonte, pp. 1-49. 2001.

LATINI, A. O.; LIMA-JÚNIOR, D. P.; GIACOMINI, H. C.; LATINI, R. O.; RESENDE, D. C.; ESPÍRITO-SANTO, H. M. V.; BARROS, D. F.; PEREIRA, T. L. Alien fishes in Rio Doce lakes: range, new occurrences and conservation of native community. **LUNDIANA**, v. 5, p. 135-142, 2004.

LATINI, A. O.; PEREIRA, T. L.; LATINI, R. O.; GIACOMINI, H. C.; LIMA-JUNIOR, D. P.; OPORTO, L. T.; ESPÍRITO-SANTO, H. M. V. Distribuição e efeitos de peixes exóticos sobre a ictiofauna nativa dos lagos do Médio Rio Doce, MG, Brasil. In: Rocha, O.; Espindola, E.L.G.; Fenerich-Verani, N.; Verani, J.R. & Rietzler, A.C. (Orgs). **Espécies invasoras em águas doces: estudo de casos e propostas de manejo.** São Carlos, EDUFSCar. p. 99-118. 2005.

LATINI, A. **O. Inventário rápido e identificação de variáveis que limitam a dispersão de exóticos**: um estudo sobre peixes no médio rio Doce (MG, Brasil). Campinas, SP: UNICAMP, 2005. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

LATINI, A. O. & PETRERE, M. Jr. Reduction of a native fish fauna by alien species: na example from Brazilian freshwater tropical lakes. **Fisheries Management and Ecology,** v. 11, p. 71-79, 2004.

LATINI, A. O. & PETRERE, M. Jr. Which factors determine non-indigenous fish dispersal? A study of the red piranha in tropical Brazilian lakes. In: Gherardi, F. (ed.) **Biological invaders in inland Waters: profiles, distribution and threats.** The Netherlands: Springer, 2007.

LIMA F. P.; LATINI A. O.; DE MARCO, P. JR. How are the lakes? Environmental perception by fishermen and alien fish dispersal in Brazilian tropical lakes. **Interciencia**, v. 35, p. 84-90, 2010.

MACARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967.

MAGNUSON, J. J.; BECKEL, A. L.; MILLS, E.; BRANDT, S. B. Surviving winter hypoxia: behavioral adaptations of fishes in a northern Wisconsin winterkill lake. **Environmental Biology of Fishes**, v. 14, p. 241-250, 1985.

MARCHETTI, M. P.; MOYLE, P. B.; LEVINE, R. Alien fishes in California watersheds: characteristics of successful and failed invaders. **Ecological Applications**, v. 14, p. 587-596, 2004.

MIRÓ, A. & VENTURA, M. Evidence of exotic trout mediated minnow invasion in Pyrenean high mountain lakes. **Biological Invasions,** DOI 10.1007/s10530-014-0769-z, 2014.

NDIMELE, P. E. The effects of water hyacinth (Eichhornia crassipes [Mart.] Solms) infestation on the physico-chemistry, nutrient and heavy metal content of Badagry Creek and Ologe Lagoon, Lagos, Nigeria. **Journal of Environmental Science and Technology**, v. 5, p. 128-136, 2012.

OLDEN, J. D.; POFF, L. N.; DOUGLAS, M. R.; DOUGLAS, M. E.; FAUSH, K. D. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 19, p. 18-24, 2004.

Richardson, D. M..& Kluge, R. L. Seed banks of invasive Australian Acacia species in South Africa: Role in invasiveness and options for management. **Perspectives in Plant Ecology Evolution & Systematics**, v. 10, p. 161-177, 2008.

SAZIMA, I. & MACHADO, F. A. Underwater observations of piranhas in western Brazil. **Environmental Biology of Fishes**, v. 28, p. 17-31, 1990.

SIMBERLOFF, D.; FARR, J. A.; COX, J.; MEHLMAN, D. W. Movement corridors: conservation bargains or poor investments? **Conservation Biology**, v. 6, p. 493-504, 1992.

SIMBERLOFF, D. Eradication of island invasives: pratical actions and results achieved. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 16, p. 273-274, 2001a.

SIMBERLOFF, D. Inadequate solutions for a global problem? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 16, p. 323-324, 2001b.

SIMBERLOFF, D. & VON HOLLE, B. Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown? **Biological Invasions**, v. 1, p. 21-32, 1999.

SINGH, A. K.; ANSARI, A.; SRIVASTAVA, S. C.; VERMA, P.; PATHAK, A. K. Impacts of invasive fishes on fishery dynamics of the Yamuna river, India. **Agricultural Sciences**, v. 5, p. 813-821, 2014.

SUNAGA, T. & VERANI, J. R. The fish communities of the lakes in Rio Doce Valley, Northeast Brazil. **Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie**, v. 24, p. 2563-2566, 1991.

TREXLER, J. C.; LOFTUS, W. F.; JORDAN, F.; LORENZ, J. J.; CHICK, J. H.; KOBZA, R. M. Empirical assessment of fish introductions in a subtropical wetland: an evaluation of contrasting views. **Biological Invasions**, v. 2, p. 265-277, 2000.

VAN DE WOLFSHAAR, K. E.; HILLERISLAMBERS, R.; GOUDSWAARD, K. P. C.; RIJNSDORP, A. D.; SCHEFFER, M. Nile perch (Lates niloticus, L.) and cichlids (Haplochromis spp.) in Lake Victoria: could prey mortality promote invasion of its predator? **Theoretical Ecology**, v. 7, p. 253-261, 2014.

WARD, J. M. & RICCIARDI, A. Impacts of Dreissena invasions on benthic macroinvertebrate communities: a meta-analysis. **Diversity & Distributions**, v.13, p.155-165, 2007.

WELCH, B. L. The significance of the differences between two means whten population variances are unequal. **Biometrika**, v. 29, p. 350-362, 1938.

WINFIELD, I. J. & DURIE, N. C. Fish introductions and their management in the English Lake District. **Fisheries Management and Ecology**, v. 11, p. 195-201, 2004.

ZARET, T. M. & PAINE, R. T. Species introduction in a tropical lake. **Science**, 182:449-455, 1973.

A invasão de peixes exóticos no Médio Rio Doce

*Maise Soares de Moura[1] , Marcela Costa Ferreira[2], Anderson Oliveira Latini[3]**

Resumo

As invasões de espécies exóticas causam danos sociais, econômicos e ambientais em todo o mundo. No estado de Minas Gerais, as invasões de peixes exóticos em lagos do Médio Rio Doce constituem um grande problema ambiental. Este estudo objetivou organizar o conhecimento disponível sobre estas invasões e avaliar a evolução destes desde 2001, quando necessidades específicas, relativas a estas invasões, foram identificadas no Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce. O modo de dispersão, a ocorrência entre os lagos e sua colonização, os impactos sobre os peixes nativos e o papel da população na dispersão destes peixes são conhecimentos disponíveis atualmente. Contudo, a composição da ictiofauna na margem direita do Rio Doce, novos métodos de manejo e um plano de educação ambiental voltado à esta questão são ainda demandas atuais e não atendidas para a região. Apesar dos lagos serem um espetacular laboratório para se estudar os peixes exóticos e suas invasões, nenhum plano de manejo foi realizado e avaliado. É muito importante que isto se torne real o quanto antes, caso contrário, já que uma grande e irreversível perda de biodiversidade está por ocorrer.

Palavras chave: lagos tropicais; invasões biológicas; impactos ambientais; comunidade de peixes.

Abstract

Exotic species invasions cause social, economic and environmental damages the entire world. At Minas Gerais state, exotic fishes invasions in Médio Rio Doce lakes is a great environmental problem. This study aimed to organize available knowledge about these invasions and to evaluate evolution of them since 2001 when some needs were pointed in Management Plan of River Doce State Park. Dispersal forms, occurrence among lakes, lakes colonization, impacts on native fishes and social function in exotics dispersion are available nowadays. However, community composition of lakes of right side of River Doce, new management methods and an environmental education plan was not applied in this region. Despite the lakes are an efficient laboratory to study exotic fishes and it invasions, none management plan was did and evaluated. It is very important that this would become real in a next future, otherwise a great loss of biodiversity may be eminent.

Keywords: tropical lakes; biological invasions; environmental impacts; fish community.

[1] Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. E-mail: maisedemouraufsj@yahoo.com.br

[2] Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. E-mail:marcelaferreiraufsj@yahoo.com.br

[3] Professor do Departamento de Ciências Exatas e Biológicas (DECEB) da Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. MSc Ecologia (UFMG) e DSc Ecologia (Unicamp). E-mail: aolatini@ufsj.edu.br

*Autor para correspondência.

Introdução

As invasões de espécies exóticas consistem em problema que abrange uma escala global e que pode desencadear perdas econômicas (PIMENTEL *et al*., 2001; US FISH AND WILDLIFE SERVICE, 2012), surgimento de epidemias (CHEK, 2004) e perda de biodiversidade (ZALBA *et al*., 2000; SMITH & GARDINER, 2013). Em 2001 estimava-se que o total destes prejuízos representavam aproximadamente US$1,4 trilhões ao ano, ou 6% de toda a economia do planeta (PIMENTEL *et al*., 2001).

Desde 1933, Charles S. Elton já se preocupava com as invasões de espécies exóticas, fundando um campo completo de pesquisas ao lançar o livro "A ecologia de invasões por animais e plantas"[4] (1958) onde ele descreve a diferença entre comunidades biológicas de diferentes continentes, os efeitos das viagens humanas e do comércio global sobre a manutenção destas diferenças e sobre a conservação de comunidades biológicas. Elton também sugeriu um conjunto de condições ambientais que fariam organismos mais eficientes como invasores, assim como interações que seriam favoráveis a esses invasores. Apesar dos estudos de Elton terem mais de meio século, o tema é ainda cientificamente atual, estimulando pesquisadores a encontrarem "barreiras" ambientais às invasões de espécies.

No Brasil há um extraordinário exemplo de dispersão de organismos exóticos na região do Médio Rio Doce, MG. Nesta região se encontra um conjunto lacustre único no país, com mais de 140 lagos em uma área de cerca de 100.000 ha, com forma, profundidade e conteúdo em nutrientes bastante variáveis. Nesta mesma bacia também se encontra o Parque Estadual do Rio Doce (PERD) que preserva condições ambientais e geológicas singulares se tornando importante reserva da Mata Atlântica (MMA/SBF, 2000), mas, apesar disto, a dispersão de peixes exóticos, desde 1970, dificulta ações no sentido de proteção da diversidade, particularmente a diversidade biológica aquática.

Em 2001, no plano diretor de manejo do PERD, foi apontado um conjunto de demandadas a curto, médio e longo prazo para o conhecimento sobre essas invasões de peixes exóticos e aumentar as chances do PERD efetivamente funcionar na conservação da fauna aquática da região (LATINI, 2001). Neste trabalho atual, o propósito é exatamente produzir uma sinopse sobre aspectos que afetam a presença de peixes exóticos nos lagos do Médio Rio Doce, respondendo às demandas de 2001 do Plano de Manejo e as atualizando. Assim, com foco em trabalhos científicos produzidos sobre a fauna de peixes desta região, são apresentados aspectos relacionados à composição de fauna exótica, incidência dos exóticos, influência de fatores locais e da fauna nativa sobre sua colonização e, por último, comentários acerca do tratamento ambiental da questão na região com atualização de demandas para adequado tratamento do problema.

[4] Título original: The Ecology of Invasions by Animals and Plants.

Incidência e dispersão dos peixes exóticos

O prejuízo ecológico no PERD e região devido às invasões de peixes exóticos passa pela alteração na composição de comunidades nativas de peixes em função da presença e do tipo de peixe exótico (GIACOMINI *et al*., 2011) até a extinção local de espécies nativas de peixes (LATINI & PETRERE, 2004; LATINI *et al*., 2005; FRAGOSO-MOURA *et al*., 2014). Entretanto, a complexidade desta questão é elevada e antes de qualquer tentativa de seu tratamento é necessário identificar bem o problema através do estudo da incidência dos peixes exóticos na região, bem como de agentes facilitadores e de características bionômicas que aumentem o sucesso dos exóticos (LATINI, 2001).

São sete as espécies invasoras relatadas em estudos dos lagos da margem esquerda do rio Doce (LATINI *et al*., 2004): a piranha vermelha *Pygocentrus nattereri* (Kner, 1858) (FIG. 1), o tucunaré *Cichla* cf. *ocellaris* (Bloch and Schneider, 1801), o apaiari (ou acará do Amazonas) *Astronotus ocellatus* (Agassiz, 1831), o bagre Africano *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) (FIG. 2A), a tilápia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), o tamboatá *Hoplosternum littorale* (Hancock, 1828) (FIG. 2B) e o tambaqui *Colossoma macropomum* (Curvier, 1818).



Foto: Latini, R. O.

FIGURA 1 – Foto ilustrando a captura de exemplar de piranha vermelha em lago amostrado no Parque Estadual do Rio Doce, MG.



Foto: Latini, R. O.



Foto: Latini, R. O.

FIGURA 2 – Ilustração de pesca em lagos do PERD:
A) Bagre Africano e
B) Tamboatá.

As relações destas espécies com a ictiofauna nativa é, necessariamente adversa, mas, entre elas, pode ser positiva. Estudo recente (LIMA-JÚNIOR & LATINI, no prelo) ilustra que a redução da abundância de populações nativas pelos exóticos ictiófagos piranha vermelha e tucunaré sugerem menor competição entre peixes nativos e o onívoro exótico tamboatá, favorecendo o incremento da abundância populacional deste último.

Independente de relações complexas, como esta, que podem ocorrem entre pares de peixes exóticos, todos eles venceram quatro etapas para conseguirem se estabelecer nos lagos: i) a migração de habitats anteriormente ocupados até estes; ii) a sobrevivência às condições locais e interações com outras espécies, permitindo sua reprodução e aumentando as chances de seu estabelecimento nos lagos; iii) o alcance de tamanho populacional mínimo viável, significando capacidade de manter sua população e, por último; iv) a colonização de outros locais (outros lagos) a partir dos primeiros lagos invadidos. Segundo Heger & Trepl (2003), após cumprir esta etapa iv, a espécie exótica deve ser categorizada como espécie exótica invasora.

Estas etapas ilustram a capacidade da espécie em superar as limitações encontradas no ambiente invadido e é de se esperar que não seja qualquer espécie capaz deste feito. Normalmente espécies mais generalistas, com capacidade de sobreviver, crescer e reproduzir em diferentes ambientes são as candidatas mais fortes a chegarem ao *status* de exótica invasora. Não coincidentemente, os peixes escolhidos pela piscicultura (ornamental e de corte) frequentemente apresentam estas mesmas características. Estas características tornam a espécie mais precoce, mais prolífera, mais “adaptável” ao sistema de cultivo, em suma, de criação mais fácil e são exatamente estas características que aumentam as chances delas se tornarem exóticas invasoras (Lima Júnior & Latini, 2006).

No Médio Rio Doce, a demanda de pescadores locais por peixes esportivos consis-

tiu motivo que levou à chegada dos exóticos na região: Lima e colaboradores (2010) identificaram que cerca de 50% dos entrevistados em comunidades na região conhecem alguém que já dispersou algum peixe exótico entre os lagos, justificando que esta prática "poderia manter pesca por tempo indefinido" e/ou que possibilitaria a "obtenção de um peixe em um lago onde não existia antes". Este tipo de respostas são características de um público que desconhece o funcionamento do ambiente natural e carente de educação ambiental.

Estabelecimento dos peixes exóticos

Após alcançarem os lagos os peixes exóticos precisam se estabelecer e, para isto, precisam sobreviver às condições e interações locais e se reproduzirem. Estas relações foram estudadas para a dispersão de piranhas nos lagos do Médio Rio Doce (LATINI & PETRERE, 2007) e algumas questões precisam ser destacadas.

A primeira é que a ocorrência deste peixe exótico não se relaciona com o tamanho de lagos (foram analisados 57 lagos) e, portanto, não se relaciona à riqueza de peixes nativos e à resistência que o ambiente natural oferece ao sucesso de invasões biológicas (SAKAI *et al*., 2001). Isto indica que as comunidades nativas não conseguem barrar a invasão das piranhas. Realmente a riqueza de espécies nativas destes lagos é muito baixa, alcançando 10 a 15 espécies por lago e o total de 25 em todos juntos (GODINHO & VIEIRA, 1998). Então, a resistência destas comunidades aos invasores também deve ser baixa, já que reduzem as possibilidades de haver competidores fortes ou predadores eficazes dos exóticos (MACK *et al*., 2000).

A segunda descoberta é que a disponibilidade de refúgios nestes lagos, medida pela superfície do lago em que se detecta visualmente macrófitas aquáticas emergentes ou submersas (16 lagos analisados), capazes de reduzir o sucesso dos predadores (piranhas) na obtenção de alguns de seus recursos (ex: peixes nativos) não influi em seu sucesso de invasão. Estudos ilustram um menor efeito de predadores sobre suas presas na presença de refúgios (CROWDER & COOPER, 1982; POWER *et al*., 1992), mas, nos lagos do Médio Rio Doce, ao menos as macrófitas aquáticas não exercem a função de refúgios ecológicos eficazes para os peixes nativos. As piranhas utilizam bem estes ambientes, já que fazem sua desova frequentemente associada a plantas aquáticas e exercem forte cuidado à prole no período de sua maturação (UETANABARO *et al*., 1993; PAULY, 1994). Portanto, as chances das macrófitas aquáticas exercerem a função de refúgio para a comunidade nativa de peixes destes lagos são pequenas.

A terceira é que a variação detectada em níveis de oxigênio dissolvido (analisado em 17 lagos), de pH (analisado em 15 lagos), de condutividade elétrica (analisado em 19 lagos) e de turbidez da água (analisado em 18 lagos) não influíram sobre a invasão das piranhas. O conhecimento de que qualquer organismo tem reprodução, crescimento e sobrevivência afetados em função de condi-

ções dominantes no ambiente é antigo (HUTCHINSON, 1957) e de fato encontrado em outros estudos com peixes (JACKSON *et al.*, 2001; KOUAMÉLAN *et a*l., 2003). Contudo, as piranhas não tiveram a sua ocorrência afetada por estas condições dos lagos, indicando plasticidade da espécie com relação à variação destas condições ambientais.

Finalmente, como último apontamento, a presença de piranhas nos lagos é fortemente relacionada à extensão de cursos temporários de água vertida dos lagos, durante as chuvas, até o curso perene mais próximo (foram analisados 57 lagos). Além da ação humana possibilitando a migração de peixes exóticos, no Médio Rio Doce o sistema de drenagem dos lagos (LATINI, 2005; 2015) favorece a dispersão entre os lagos, aumentando o sucesso destas invasões de peixes exóticos. Durante o período de chuvas, o excesso de água dos lagos forma vazantes que encontram os riachos também com volume aumentado. De modo geral, quanto menor a distância de um lago ao riacho mais próximo, maiores as chances de se encontrar estes peixes exóticos no lago.

De fato, a maior parte dos lagos invadidos na região do Médio Rio Doce se encontra na área do PERD onde estes cursos temporários são aproximadamente três vezes menores do que nos lagos ao sul do PERD (média de 0,9km no PERD contra 2,3km nos lagos externos ao PERD). A mediação da dispersão de organismos exóticos por corredores temporários de água não é exclusiva para esta região e nem para estes organismos. O mexilhão zebra (*Dreissena polymorpha*) na América do Norte e na Europa (KRAFT *et al*., 2002) e o cladócero *Daphnia lumholtzi* nos EUA (HAVEL *et al*., 2002) também têm probabilidade de ocorrência maior em lagos com menor isolamento.

O sucesso dos peixes exóticos em se estabelecerem nos lagos do Médio Rio Doce também é relacionado com outros atributos como o cuidado parental. Dos sete peixes exóticos introduzidos nos lagos da margem esquerda do rio Doce, cinco têm cuidado à prole, variando entre construção de ninhos, proteção à desova e proteção aos alevinos. O comportamento predatório é outra característica importante já que posiciona as espécies no topo das teias tróficas das comunidades invadidas (MARCHETTI *et al*., 2004). O bagre africano, o tucunaré e a piranha são comumente ictiófagos. A tilápia, o apaiari, o tamboatá e o tambaqui são onívoros e podem predar fases jovens de outros peixes, o que também é uma vantagem em sua aclimatação aos locais invadidos.

Estudos ainda não publicados ilustram também aspectos de dieta e de comportamento que ajudam a explicar o sucesso dos exóticos na região. Uma elevada plasticidade de dieta (ver exemplo na figura 2C) e alto índice de enchimento estomacal são encontrados para os peixes exóticos na região, indicando flexibilidade e eficiência alimentar destas espécies. Além disso, exatamente o contrário (baixa plasticidade e baixo índice de enchimento estomacal) foi encontrado para as espécies nativas que co-ocorrem com esses exóticos.

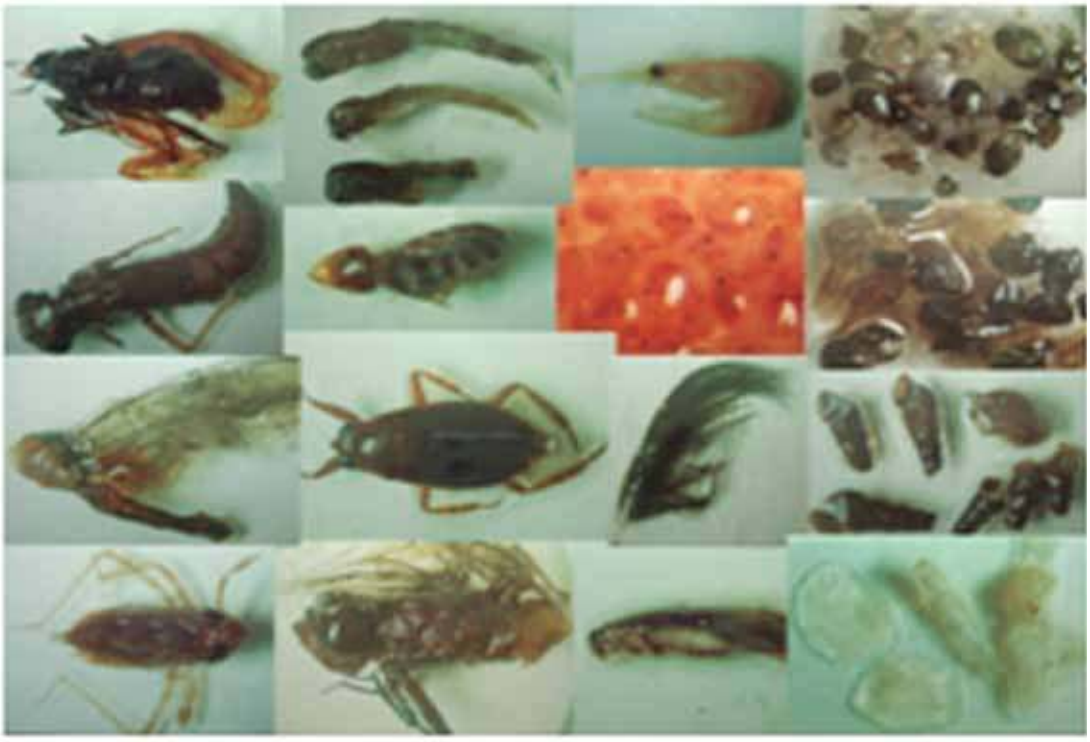


Foto: Latini, R. O.

FIGURA 2 C – Variedade de itens de dieta identificada em estômagos de piranhas.

A fragilidade dos peixes nativos é também evidente quando se analisa o seu comportamento nos lagos (FIG. 2D): as espécies nativas são extremamente ativas e frequentemente estão se alimentando em ambientes abertos (FIG. 2E) e não alteram o seu comportamento como modo de evitarem os predadores exóticos introduzidos. Quanto aos peixes exóticos, estes também são extremamente ativos em ambientes abertos (FIG. 2F), mas, também o são dentro dos agregados de plantas aquáticas que são encontradas nos lagos. Este comportamento observado nos dois grupos de peixes (nativos e exóticos) aumenta as chances de encontro de peixes dos dois grupos e, consequentemente, de prejuízos às populações das espécies nativas, contribuindo com a compreensão da grande perda de espécies nativas na maioria dos lagos desta região. Exemplo disto é o grau de fragilidade apresentado pelo lambari bocarra *Oligosarcus solitarius* Menezes, 1987 que se encontra somente em lagos não invadidos do Médio Rio Doce (FRAGOSO-MOURA *et al*., 2014).



Foto: Latini, R. O.

FIGURA 2 D – Uso do equipamento de filmagem sub-aquática para estudo comportamental dos peixes.

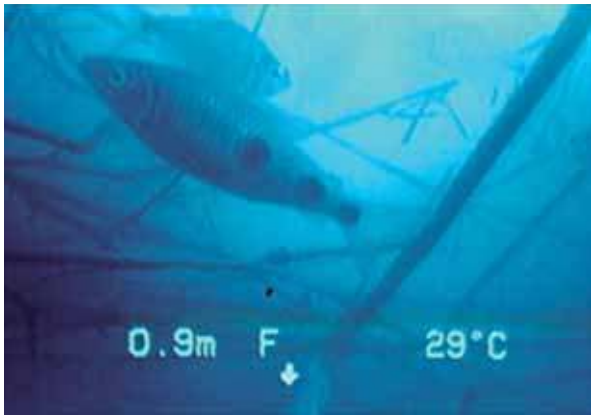


Foto: Latini, R. O.

FIGURA 2 E – Imagem com os peixes nativos piau *Leporinus steindachneri* Eigenmann, 1907 e o lambari *Astyanax* cf. *bimaculatus* (Linnaeus, 1785).



Foto: Latini, R. O.

FIGURA 2F – Imagem parcial de cardume de piranhas no lago Dom Helvécio, PERD.

Tratamento da ictiofauna do sistema lacustre do Médio Rio Doce

A situação da ictiofauna neste sistema lacustre é crítica há mais de 15 anos. É importante a compreensão e concretização de um plano de manejo que considere a conservação da ictiofauna da região. A indiferença quanto ao estado de conservação da ictiofauna da região pode já ter provocado prejuízos ambientais de grande magnitude, mas, para dimensioná-los, seria necessário um novo inventário de peixes exóticos nestes lagos.

Não é a primeira vez que esta necessidade é apontada e não é a primeira vez que se conclui que manejar esta circunstância não é tarefa trivial. Além de prejudicarem a comunidade nativa de peixes, os peixes exóticos podem estar afetando outros grupos taxonômicos. Por exemplo, na região há morcegos que se alimentam de pequenos peixes nativos que aí ocorrem (TAVARES *et al*., 2010) e, uma alteração na composição da comunidade de peixes deve levar à uma alteração no sucesso alimentar destes mamíferos. Há várias outras possibilidades, comunidades de aves, anfíbios, répteis ou organismos invertebrados como insetos, são susceptíveis a efeitos diretos e indiretos destas invasões já que alteram toda a cadeia trófica deste sistema aquático, com possibilidades de também afetarem o ecossistema terrestre.

Em geral, os estudos de invasões biológicas são acompanhados de limitações experimentais (MARCHETTI *et al*., 2004) como (i) a ausência do relacionamento do organismo exótico com o contexto social em que as invasões ocorrem, (ii) a omissão de dados sobre a invasão de espécies nativas do país em outras bacias, (iii) o uso de pequenas escalas de estudo e (iv) o uso de um pequeno número de amostras. Nesta região, não estão presentes nenhuma destas limitações. Mas, ao mesmo tempo em que a grandiosidade da região permite mais acertos em apontamentos acadêmicos em função de número de amostras e representatividade do fenômeno, também impõe maiores riscos de novas invasões, não excluindo a ameaça de maiores impactos ambientais para um futuro próximo.

Quatorze anos após as demandas sobre a ictiofauna da região declaradas no Plano Diretor do PERD (LATINI, 2001), temos algu-

mas atendidas e outras ainda por o serem. Hoje, detém-se o conhecimento sobre a importância dos canais de comunicação entre lagos e riachos para as invasões de peixes exóticos (LATINI, 2005; 2015) e sobre que lagos estão invadidos por estes peixes (LATINI *et al*., 2004; 2005). Conhece-se a eficácia colonizadora dos peixes exóticos (LATINI & PETRERE, 2007) e o grande risco da sua presença para as espécies nativas (LATINI & PETRERE, 2004; GIACOMINI *et al*., 2011; FRAGOSO-MOURA *et al*., 2014). Além disto, conhece-se a opinião da população local a respeito destes peixes, estando altamente predisposta a dispersá-los (LIMA *et al*., 2010).

Apesar destes conhecimentos, algumas medidas ainda não foram adotadas e ainda precisam ser consideradas: os lagos da margem direita do Rio Doce (cerca de metade dos lagos do sistema) não foram ainda bem estudados e podem guardar informações complementares para a melhor compreensão destas invasões; novas medidas de manejo das populações exóticas não foram testadas; ações de educação ambiental com a promoção de encontros de pesca esportiva de espécies exóticas e planos de controle da atividade de pesca em lagos fora do PERD, sem peixes exóticos, também não foram testados. Estas são oportunidades de avanço de pesquisa e extensão na região, que, seguramente, contribuirão para o conhecimento e tratamento desta delicada questão.

Considerações finais

Dada a dimensão do problema ambiental e das consequências negativas já acumuladas, uma questão importante é minimizar as chances de acesso de peixes exóticos aos lagos ainda não invadidos, adotando, por exemplo, práticas de educação ambiental em comunidades vizinhas a estes lagos. A interação com instituições sociais e econômicas localizadas na região deve facilitar a fusão entre a necessidade de conservação da ictiofauna nativa da região com os interesses da população local e, consequentemente, as chances de sucesso de manejo de uma ação de manejo (MACK *et al*., 2000). Contudo, anterior ao manejo desta circunstância, deve preceder o envolvimento da comunidade. Mas, para isto é também importante a construção de uma percepção de perda do peixe nativo, um recurso muito importante, em termos econômico, alimentar e ambiental.

Esta abordagem precisaria ser adotada em ao menos duas comunidades da região: Baixa Verde e Cava Grande. Estas comunidades foram alvo de estudos de Lima e colaboradores (2010) e têm papel na dispersão dos peixes exóticos na região. Assim, para se construir um plano de manejo focado na invasão de peixes exóticos na região seria, a nosso ver, necessário ao menos:
i) mobilizar a sociedade local promovendo o seu envolvimento; ii) divulgar conhecimento técnico em linguagem popular, portanto, um trabalho de extensão; iii) capacitar grupos da região, compostos por pessoas socialmente influentes (alunos e professores de escolas, funcionários do PERD, policiais ambientais, entre outros) e criar um Grupo Difusor de conhecimento; iv) construção do Plano de Manejo em si, de modo partici-

pativo, buscando inclusive, atividades que explicitem vantagens à comunidade com a conservação biológica, como por exemplo, a geração de renda; v) implementação das ações de manejo; vi) auto-avaliação do projeto para aferição dos impactos com relação à sociedade local, com perspectiva de meios de continuidade do plano.

Deste modo o conhecimento local e o conhecimento técnico podem se aliar, não havendo substituição de saberes, mas, a sua complementação. Se isto for possível, então estas atividades deverão influir sobre a sensibilização e motivação da sociedade local que passa a enxergar responsabilidades coletivas na preservação dos peixes nativos, reduzindo seus riscos de extinção regional.

Referências

CHEK, E. H. Concerns prompt US review of exotic--pet trade. **Nature**, v. 427, p. 277, 2004.

CROWDER, L. B.; COOPER, W. E. habitat structural complexity and the interaction between bluegills and their prey. **Ecology**, v. 63, p. 1802-1813, 1982.

ELTON, C. S. Alien invaders. **The Times**, Londres, p. 13-14, 6 mai. 1933.

ELTON C. S. **The Ecology of Invasions by Animals and Plants.** New York, USA: Wiley, 1958, 196 p.

FRAGOSO-MOURA, E. N.; OPORTO, L. T.; MAIA--BARBOSA, P. M.; BARBOSA, F. A. R. Em destaque: Oligosarcus solitarius Menezes, 1987. **MG Biota**, v. 2, n. 5, p. 30-36.

GIACOMINI, H. C.; LIMA JR, D. P.; LATINI, A. O.; ESPIRITO-SANTO, H. M. V. Spatio-temporal segregation and size distribution of fish assemblages as related to non-native species occurrence in the middle rio Doce Valley, MG, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 9, n. 1, p. 135-146, 2011.

GODINHO, A. L.; VIEIRA, F. **Ictiofauna**. In: Costa, C.(Ed.) Biodiversidade em Minas Gerais: Um atlas para suaconservação. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas, p. 44-46, 1998.

HAVEL, J. E.; SHURIN, J. B.; JONES, J. R. Estimating dispersal from patterns of spread: Spatial and local control of lake invasions. **Ecology**, v. 83, p. 3306-3318, 2002.

HEGER, T.; TREPL, L. Predicting biological invasions. **Biological Invasions**, v. 5, p. 313-321, 2003.

HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposium of Quantitative Biology**, v. 22, p. 415-427, 1957.

JACKSON, D. A.; PERES-NETO, P. R.; OLDEN, J. D. What controls who is where in freshwater fish communities – the roles of biotic, abiotic and spatial factors. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 58, p. 157-170, 2001.

KOUAMÉLAN, E. P.; TEUGELS, G. G.; N'DOUBA, V.; BI, G. G.; KONÉ, T. Fish diversity and its relationships with environmental variables in a West African basin. **Hydrobiologia**, v. 505, p. 139-146, 2003.

KRAFT, C. E.; SULLIVAN, P. J.; KARATAYEV, A. Y.; BURLAKOVA, L. E.; NEKOLA, J. C.; JOHNSON, L. E.; PADILLA, D. K. Landscape patterns of an aquatic invader: Assessing dispersal extent from spatial distributions. **Ecological Applications**, v. 12, p. 749-759, 2002.

LATINI, A. O. Estado atual e perspectivas para a ictiofauna da região do Parque Estadual do Rio Doce, MG. In: Instituto Estadual de Florestas & Projeto Doces Matas (Ed.). **Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce**, **MG**. Belo Horizonte, p. 1-49. 2001.

LATINI, A. **O. Inventário rápido e identificação de variáveis que limitam a dispersão de exóticos: um estudo sobre peixes no Médio Rio Doce (MG, Brasil)**. 115f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2005.

LATINI, A. O.; LIMA-JÚNIOR, D. P.; GIACOMINI, H. C.; LATINI, R. O.; RESENDE, D. C.; ESPÍRITO-SANTO, H. M. V.; BARROS, D. F.; PEREIRA, T. L. Alien fishes in Rio Doce lakes: range, new occurrences and conservation of native community. **Lundiana**, v. 5, p. 135-142, 2004.

LATINI, A. O.; PEREIRA, T. L.; LATINI, R. O.; GIACOMINI, H. C.; LIMA-JUNIOR, D. P.; OPORTO, L. T.; ESPÍRITO-SANTO, H. M. V. Distribuição e

efeitos de peixes exóticos sobre a ictiofauna nativa dos lagos do Médio Rio Doce, MG, Brasil. In: Rocha, O.; Espindola, E. L. G.; Fenerich-Verani, N.; Verani, J. R. & Rietzler, A. C. (Orgs). **Espécies invasoras em águas doces: estudo de casos e propostas de manejo**. São Carlos, EDUFSCar. p. 99-118. 2005.

LATINI, A. O.; PETRERE, M. Jr. Reduction of a native fish fauna by alien species: na example from Brazilian freshwater tropical lakes. **Fisheries Management and Ecology,** v. 11, p. 71-79, 2004.

LATINI, A. O.; PETRERE, M. Jr. Which factors determine non-indigenous fish dispersal? A study of the red piranha in tropical Brazilian lakes. In: Gherardi, F. (ed.). **Biological invaders in inland Waters: profiles, distribution and threats**. The Netherlands, Springer, 2007.

LIMA JÚNIOR, D. P.; LATINI, A. O. E se a aquicultura se expandir no Brasil?. Ciência Hoje, v. 226, p. 58-60, 2006.

LIMA JÚNIOR, D. P.; LATINI, A. O. Facilitation underpinning the success of the non-native Hoplosternum littorale (Callichthyidae) in lakes of the Middle Doce River basin, Minas Gerais State, Brazil. **Lundiana**, v.12-14, in press. 2015

LIMA, F. P.; LATINI, A. O.; DE MARCO, P. JR. How are the lakes? Environmental perception by fishermen and alien fish dispersal in Brazilian tropical lakes. **Interciencia**, v. 35, n. 2, p. 84-90, 2010.

MACK, R. N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W. M; EVANS, H.; COUT, M.; BAZZAZ, F. A. Biotic Invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences and Control. **Ecological Aplications**, v. 10, p. 689-710, 2000.

MARCHETTI, M. P.; MOYLE, P. B.; LEVINE, R. Alien fishes in California watersheds: characteristics of successful and failed invaders. **Ecological Aplications**, v. 14, p. 587-596, 2004.

MMA/SBF. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Brasília, DF: MMA, 2000.

Pauly, D. Quantitative analysis of published data on the growth, metabolism, food consumption, and related features of the red-bellied piranha, *Serrasalmus natterern* (Characidae). **Environmental Biology of Fishes,** v. 41, p. 423-437, 1994.

PIMENTEL, D.; MCNAIR, S.; JANECKA, J.; WIGHTMAN, J.; SIMMONDS, C.; O'CONNELL, C.; WONG, E.; RUSSEL, L.; ZERN, J.; AQUINO, T.; TSOMONDO, T. Economic and environmental threat of alien plant, animal, and microbe invasions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 84, p. 1-20, 2001.

POWER, M. E.; MARKS, J. C., PARKER, M. S. Variation in the vulnerability of prey to different predators – community-level consequences. **Ecology**, v. 73, p. 2218-2223, 1992.

SAKAI, A. K.; ALLENDORF, F. W.; HOLT, J. S.; LODGE, D. M.; MOLOFSKY, J.; WITH, K. A.; BAUGH-MAN, S.; CABIN, R. J.; COHEN, J. E.; ELLSTRAND, N. C.; McCAULEY, D. E.; O'NEIL, P.; PARKER, I. M.; THOMPSON, J. N.; WELLER, S. G. The population biology of invasive species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 32, p. 302-332, 2001.

SMITH, C. A.; GARDINER, M. M. Biodiversity Loss following the Introduction of Exotic Competitors: Does Intraguild Predation Explain the Decline of Native Lady Beetles? **PLoS ONE**, v. 8, e84448. doi: 10.1371/journal.pone.0084448, 2013.

TAVARES, V. C.; AGUIAR, L. M. S.; PERINI, F. A.; FALCÃO, F. C.; GREGORIN, R. Bats of the state of Minas Gerais, southeastern Brasil. **Chiroptera Neotropica**l, v. 16, n. 1, p. 675-705, 2010.

UETANABARO, M; WANG, T; ABE, A. S. Breeding behavior of the red-bellied piranha Pygocentrus natteri in nature. **Environmental Biology of Fishes**, p. 369-371, 1993.

US Fish and Wildlife Service.The Economic Cost of Large Constrictor Snakes. Disponível em: http://www.invasivespeciesinfo.gov/economic/main.shtml. 2012.

ZALBA, S. M; SONAGLIONI, M. I.; COMPAGNONI, C. A.; BELENGUER, C. J. Using a habitat model to assess the risk of invasion by an exotic plant. **Biological Conservation**, v. 93, p. 203-208, 2000.

Reavaliação da composição e abundância da ictiofauna após décadas da introdução de piscívoros na Lagoa Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce, MG

Marina Lopes Bueno[1] , Jessica Cristina Carvalho Medeiros[1], Daniel de Melo Rosa[1], Francisco Ricardo de Andrade Neto[1], Paulo dos Santos Pompeu[2]

Resumo

A abundância e a composição da ictiofauna foi investigada em uma lagoa localizada no Parque Estadual do Rio Doce (19º 45'S 19º 30'S e 42º 38'O 48º 28'O), após três décadas da introdução de piscívoros exóticos. Utilizaram-se redes de espera, com malha de 3 a 16 cm entre nós opostos, em vinte pontos da lagoa, nos dias 18 e 19 de outubro de 2014. Foram capturados 128 peixes, pertencentes a cinco espécies, sendo uma exótica *(Pygocentrus nattereri)*. Observou-se uma diminuição progressiva na riqueza de espécies nativas, bem como uma modificação na abundância relativa destas espécies. É provável que isso venha ocorrendo devido à alta abundância de *P. nattereri* nesta lagoa.

Palavras chave: peixes exóticos, piranha vermelha, sistema lacustre.

Abstract

The abundance and composition of fish fauna were assessed in a lake in Rio Doce State Park (19º 45'S 19º 30'S e 42º 38'W 48º 28'W) three decades after the introduction of exotic piscivorous. Gillnets with mesh ranging from 3-16 cm between opposites knots were used in 20 sites of the lake on October 18th and 19th of 2014. A total of 128 individuals of five different fish species were captured and the non-native red-bellied piranha (*Pygocentrus nattereri*) was one of those species. There has been a progressive decrease in the richness of native species, and also a change in the relative abundance of these species. Those are probably consequences of the high abundance of *P. nattereri* in this lake.

Keywords: alien fish, red-bellied piranha, lacustrine system.

[1] Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras. Campus Universitário, Caixa Postal 3037 CEP 37200-000, Lavras/MG. mlopesbueno@gmail.com
[2] Departamento de Biologia, Setor de Ecologia, Universidade Federal de Lavras, MG.

Introdução

A introdução de espécies exóticas em ambientes aquáticos é uma prática comum, e vêm ocorrendo há décadas (GODINHO & FORMAGIO, 1992). Inúmeros problemas podem ser gerados a partir dessas introduções, tais como, mudanças na comunidade nativa, aumento de competição por recursos, alterações tróficas, genéticas e taxonômicas, chegada de novos parasitas e doenças, degradação do ambiente, entre outros (COURTENAY & STAUFFER, 1984; WELCOMME, 1988; FERGUSON, 1990; OLDEN *et al*., 2004; KENNARD *et al*., 2005). Estes problemas, além de afetarem a ictiofauna local, podem acarretar efeitos socioeconômicos negativos, como a alteração na atividade pesqueira, devido à substituição de espécies de alto valor comercial.

Os primeiros relatos de introdução de peixes no sistema lacustre do Médio Rio Doce são da década de 60. A fim de aumentar o entretenimento para a pesca local, foram introduzidas espécies amazônicas nos lagos da Barra e Jacaré (GODINHO *et al*., 1994; LATINI, 2001). De acordo com Latini (2001), o tucunaré (*Cichla ocellaris*) estabeleceu-se primeiro, e logo se observou uma diminuição na abundância de algumas espécies de lambaris (*Astyanax bimaculatus, Astyanax taeniatus, Moenkausia doceana e Oligosarcus solitarius*) e acarás (*Geophagus brasiliensis e Cichlasoma fascetum*). Assim, como forma de controle e redução das populações de tucunarés, a piranha vermelha (*Pygocentrus nattereri*) foi introduzida nestes lagos. Porém, não foi uma medida positiva, pois estas só auxiliaram na diminuição e extinção de espécies nativas (LATINI, 2001). Segundo Godinho & Formagio (1992), cerca de dez anos após a introdução do tucunaré e da piranha na Lagoa Dom Helvécio, situada dentro da área do Parque Estadual do Rio Doce, pouco mais da metade da riqueza da ictiofauna nativa já havia desaparecido.

Atualmente, encontram-se peixes fora de sua distribuição geográfica original em várias lagoas do Médio Rio Doce. Isso se deve, principalmente, por ações antrópicas ou pela comunicação dos lagos com afluentes do rio (GODINHO *et al*., 1994). Além do tucunaré e da piranha, ainda foram introduzidos tamboatá (*Hoplosternum litoralle*), apaiari (*Astronotus ocellatus*) e bagre africano (*Clarias gariepinus*) (LATINI, 2001). De acordo com Alves *et al*. (2007), dentre as bacias que drenam o estado de Minas Gerais, o Doce se destaca com o maior número de espécies exóticas, juntamente com Paraíba do Sul.

Com o objetivo de avaliar as mudanças na ictiofauna da Lagoa Dom Helvécio, cerca de trinta anos após a introdução de peixes piscívoros, especialmente *P. nattereri*, foram comparados dados de riqueza e abundância obtidos de estudos realizados anteriormente nesta lagoa, com dados atuais.

Metodologia

Local de Estudo

O Parque Estadual do Rio Doce (PERD) é uma unidade de conservação do bioma Mata Atlântica, com área de aproximadamente 36.000 hectares, localizada entre os meridianos 42º 38'O e 48º 28'O e os paralelos 19º 45'S e 19º 30'S, englobando os mu-

nicípios de Timóteo, Marliéria e Dionísio, no estado de Minas Gerais (GODINHO, 1996; LATINI, 2001, LATINI *et al*., 2004).

O local de estudo está inserido na região denominada “Depressão Interplanática do Vale do Médio Rio Doce” (TUNDISI & DEMEIS, 1985). O clima é classificado como tropical semi-úmido quente, a temperatura média anual varia entre 18 e 20ºC e a precipitação média anual entre 1250 e 1500 mm (NIMER, 1977). Dentro das limitações do Parque, encontra-se cerca de quarenta e cinco lagoas de origem quaternária, estabelecidas a partir do barramento de antigos afluentes, e/ou originados por movimentos tectônicos recentes (PETRI & FÚLFARO, 1983; SUGUIO & KOHLER, 1992; GODINHO, 1996). A maior delas é a Dom Helvécio (FIG. 1), com área de 687 hectares, profundidade média de 12,1 metros e máxima de 32,5 metros (SAIJO & TUNDISI, 1985). É uma lagoa dendrítica, oligotrófica e monomítica quente (TUNDISI & MATSUMARA – TUNDISI, 1981; ESTEVES, 1988; HENRY *et al*., 1989). Há indícios de que a introdução de espécies exóticas ocorreu de forma proposital nesta lagoa, sendo que o primeiro registro científico foi publicado em 1985 (GODINHO & FOMAGIO, 1992; LATINI, 2001).



Foto: Marina Bueno

FIGURA 1 – Lagoa Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce, MG.

Amostragem da ictiofauna

A coleta dos peixes foi realizada com redes de espera, com malhas de 3 a 16 cm entre nós opostos (malha total), 1,5 m de altura e 10 m de largura, nos dias 18 e 19 de outubro de 2014. As redes de emalhar foram armadas ao entardecer, em vinte pontos da Lagoa Dom Helvécio (FIG. 2), e retiradas na manhã seguinte, permanecendo expostas por cerca de dezesseis horas.

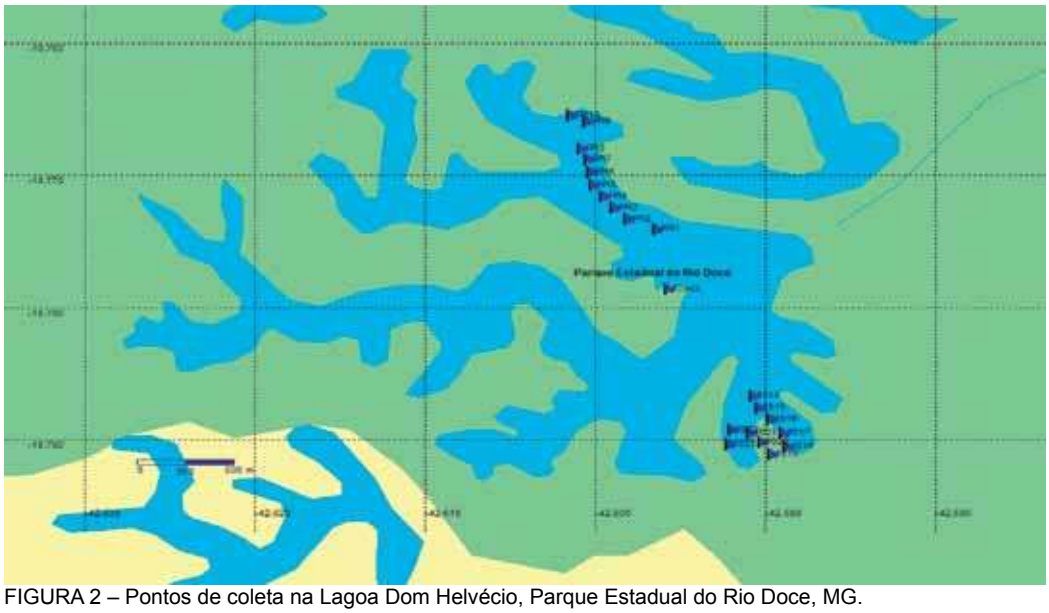


FIGURA 2 – Pontos de coleta na Lagoa Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce, MG.

Os exemplares capturados foram fixados em solução de formol 10%. Posteriormente, foram identificados, baseando-se em SUNAGA & VERANI (1985,1987), contados, pesados (g), medidos (comprimento padrão e total, em cm) e classificados de acordo com o estádio de maturação gonadal, conforme proposto em VAZZOLER (1996). Assim, alguns parâmetros foram analisados para a população atual de *P. nattereri* (FIG. 3), a espécie mais abundante, tais como, razão sexual e diferença de tamanho entre machos e fêmeas. Para isto, utilizou-se o teste Qui-quadrado e análise de variância (ANOVA), respectivamente. Após a triagem, o material foi levado ao Laboratório de Ecologia de Peixes – UFLA, onde foi conservado em álcool 70º.

Para cada malha, determinou-se a captura por unidade de esforço (CPUE= número de indivíduos capturados/100 m² de rede/16 h), de acordo com a metodologia empre-



Foto: Marina Bueno

FIGURA 3 – *Pygocentrus nattereri* (piranha vermelha), espécie introduzida na bacia do Rio Doce, e que hoje é a mais abundante na lagoa Dom Helvécio.

da pelo “Monitoramento de Peixes na Lagoa Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce” (GODINHO & GODINHO, 1995). Assim, pode-se obter a abundância relativa de cada espécie. Já a riqueza, foi determinada através do número total de espécies capturadas.

Para analisar se houve mudanças na CPUE de *P. naterreri*, entre os anos de 1992 e 2014, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e em seguida, as médias foram comparadas pelo teste t (α= 5%). Para melhor ajuste dos dados, agrupou-se as malhas em “pequenas” (3, 4, 5 e 6) e “grandes” (7, 8, 10, 12). As malhas 14 e 16 foram excluídas da análise, pois não apresentaram sucesso nas capturas. Os dados de CPUE de 1992 foram retirados do trabalho realizado por GODINHO & GODINHO, em 1995.

Resultados e discussão

Foram amostrados 128 peixes, compreendendo três ordens, quatro famílias e 5 espécies (TAB. 1).

TABELA 1

Espécies de peixes encontradas na lagoa Dom Helvécio (2014)

Ordem	Família	Subfamília	Espécie
Characiformes	Characidae	Tetragonopterinae	*Astyanax bimaculatus* (lambari)
		Serrasalminae	*Pygocentrus nattereri* (piranha vermelha)*
	Erythrinidae		*Hoplias malabaricus* (traíra)
Siluriformes	Pimelodidae		*Trachelyopterus striatulus* (cumbaca)
Clupeiformes	Engraulidae	Engraulinae	*Lycengraulis* sp. (manjuba)

* Espécie exótica à bacia

Estudos anteriores sobre a ictiofauna da Lagoa Dom Helvécio registraram a ocorrência de 16 espécies nativas (SUNAGA & VERANI, 1987; SUNAGA & VERANI, 1989; GODINHO & FORMAGIO, 1992). Esta riqueza vem decrescendo ao longo dos anos, especialmente após a introdução de espécies exóticas, uma das principais causas da extinção de espécies de peixes (MILLER *et al.*, 1989; MOYLE & LEIDY, 1992; ALVES *et al*., 2007). Até o ano de 1992, oito espécies já haviam desaparecido (GODINHO & FORMAGIO, 1992). No presente trabalho, coletou-se apenas quatro espécies nativas (TAB. 1) evidenciando esta redução progressiva.

De acordo com os resultados da CPUE, determinou-se que *P. nattereri* foi a espécie mais abundante (79%), seguida por *Hoplias malabaricus* (13%), *Trachelyopterus striatulus* (6%), e por fim, *Astyanax bimaculatus* (1%) e *Lycengraulis* sp. (1%) (GRÁF. 1).

Não houve diferença entre as abundâncias relativas de *P. nattereri*, nos anos de 1992 e 2014 (GRÁF. 1), sugerindo que a população se mantém constante e dominante

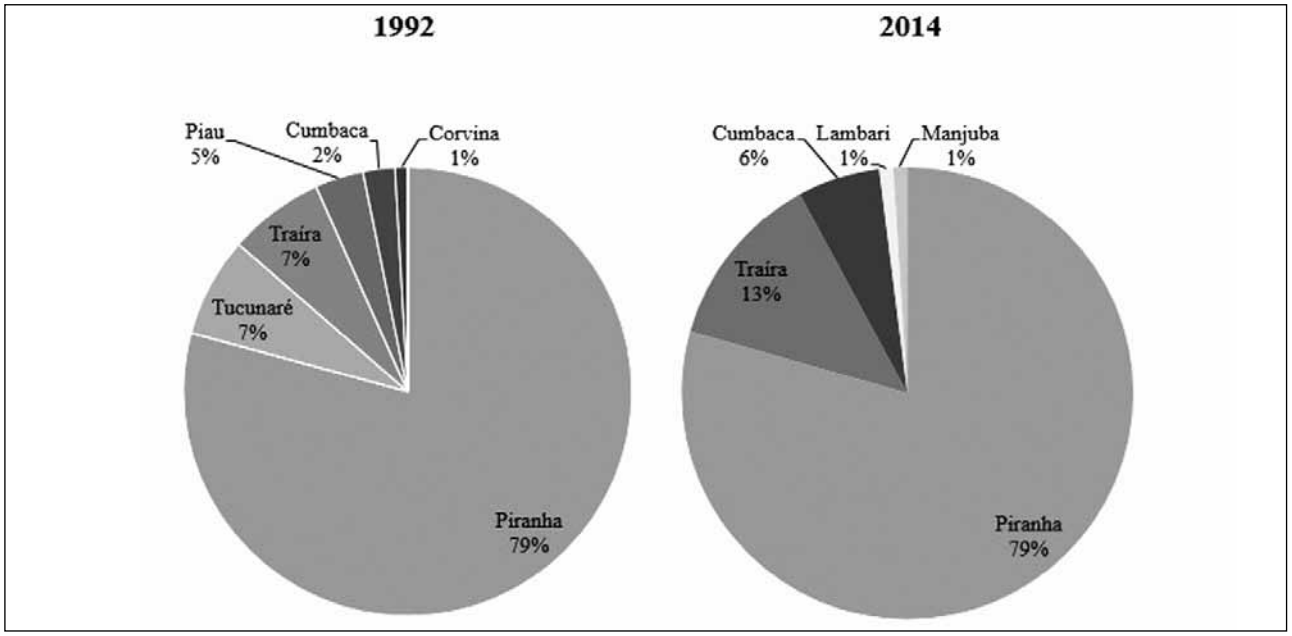


GRÁFICO 1 – Abundância relativa das espécies de peixe da lagoa Dom Helvécio, nos anos de 1992 e 2014, respectivamente.

neste ambiente. A piranha possui características que podem estar associadas a este fato, como construção de ninhos, cuidado parental com os ninhos e juvenis e defesa de território (UETANABARO *et al*., 1993; LOWE-MCCONNELL, 1999; QUEIROZ *et al*., 2010). Além disso, elas possuem um longo período reprodutivo e são muito abundantes em ambientes lênticos (VAZZOLER & MENEZES, 1992; SAINT-PAUL & ZUANON, 2000; BEHR & SIGNOR, 2008; QUEIROZ, 2010; NASCIMENTO *et al*., 2012).

Entretanto, houve uma mudança estrutural na ictiofauna da lagoa, e consequentemente, na abundância relativa de espécies. Atualmente, corvina (*Pachypops adspersus*) e piau (*Leporinus steindachneri*), espécies nativas com grande importância para pesca, não foram capturados. *Cichla ocellaris*, espécie exótica à bacia, provavelmente não foi coletada devido ao seu hábito diurno, como outros membros da família Cichlidae, e por ser um predador visualmente orientado (BRITSKI *et al*., 2007; BAUMGARTNER *et al*., 2012), o que dificulta a sua captura em redes de emalhar. O curto período de amostragem também pode ter influenciado o sucesso de captura destas espécies.

A CPUE foi determinada para cada malha. Assim, constatou-se que as capturas registradas nas malhas menores diferiram significativamente (p= 0,00129) em relação as maiores (GRÁF. 2). Isso se deve, principalmente, pela alta abundância desta espécie na lagoa, e consequente diminuição ou eliminação de outras espécies. Além disso, a piranha é pertencente à subfamília Serrassalminae, que possui um espinho pré-dorsal facilitando, assim, a captura em redes de emalhar.

Não houve diferença significativa entre a razão sexual de *P. nattereri* (χ^2 = 1,29; p = 0,25: razão sexual não desviada), pois as fêmeas representaram 58% da população, enquanto os machos, 42%. Em relação ao comprimento, a análise de variância (ANO

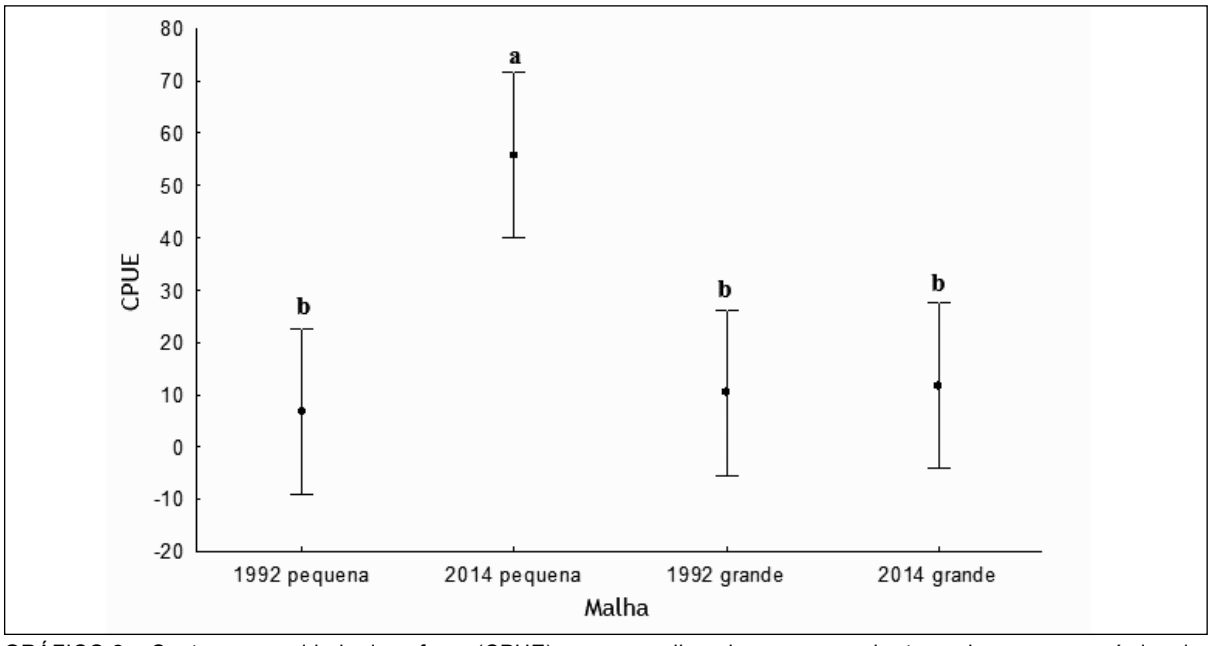


GRÁFICO 2 – Captura por unidade de esforço (CPUE) para as malhas de menor e maior tamanho para os períodos de 1992 e 2014, na Lagoa Dom Helvécio. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade. Os pontos representam os valores médios e as barras representam o desvio padrão.

VA), demonstrou diferença entre os sexos (p=0,000001), sendo que as fêmeas apresentaram maior comprimento (GRÁF. 3). Este padrão de crescimento também é observado em outros membros da subfamília Serrasalminae (ARAUJO-LIMA & GOULDING, 1997; LOUBENS & PANFILI, 2001; DUPONCHELLE *et al*., 2007).

Conclusão

Após a introdução de espécies exóticas na Lagoa Dom Helvécio, mudanças significativas na ictiofauna local foram observa-

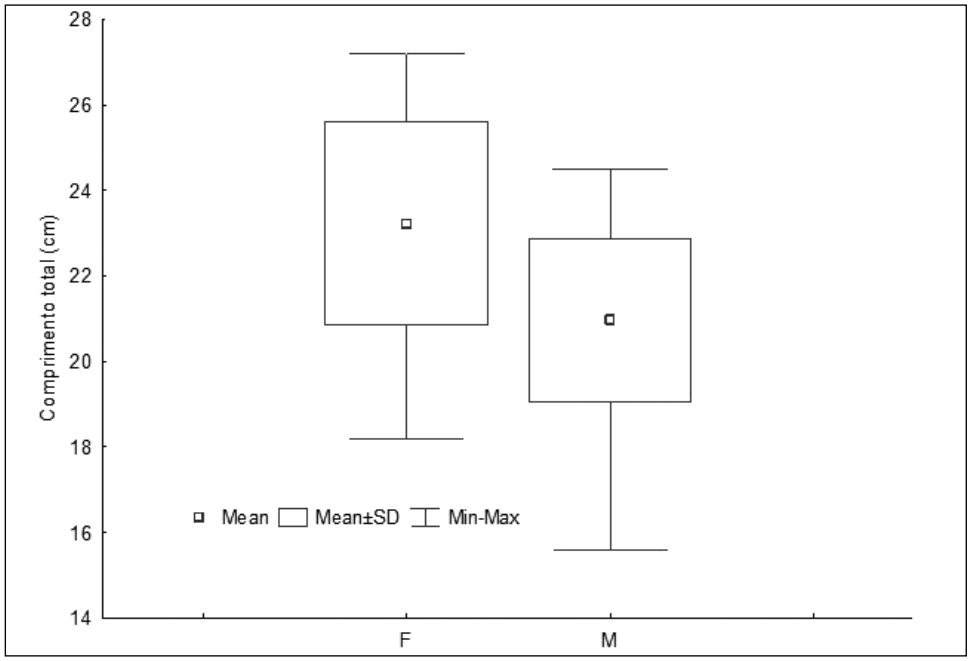


GRÁFICO 3 – Médias de comprimento (cm) para fêmeas (F) e machos (M) de *Pygocentrus nattereri*.

vadas em um curto período de tempo. Quando uma espécie exótica já está estabelecida em uma área, é praticamente impossível eliminá-la (VIEIRA *et al*., 2009). Mas se forem compreendidos os aspectos populacionais e os impactos que estas podem causar na comunidade local, é possível tomar medidas mitigadoras visando a manutenção da biodiversidade de peixes.

Referências

ALVES, C.B.M.; VIEIRA, F.; MAGALHÃES, A.L.B.; BRITO, M.F.G. Impacts of non-native fish species in Minas Gerais, Brazil: present situation and prospects. In: BERT, T.M. (Ed.) **Ecological and genetic implications of aquaculture activities.** The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2007. p. 291-314

ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. & GOULDING, M. **So Fruitful a Fish. Ecology, Conservation and Aquaculture of the Amazon's Tambaqui.** New York, NY: Columbia University Press, 1997.

BAUMGARTNER, G.; PAVANELLI, C.S.; BAUMGARTNER, D.; BIFI, A.G.; DEBONA, T ; FRANA, V.A. **Peixes do Baixo Rio Iguaçu.** Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2012. p.172,

BEHR, E.R & SIGNOR, C.A. Distribuição e alimentação de duas espécies simpátricas de piranhas *Serrasalmus maculatus* e *Pygocentrus nattereri* (Characidae, Serrasalminae) do rio Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Zoologia,** Porto Alegre, v.98, n.4, p.501-507, 2008.

BRITSKI, H.A.; SILIMON, K.Z.N.; LOPES, B.S. **Peixes do Pantanal:** manual de identificação. 2 ed. ver. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

COURTENAY JR., W.R. & J.R. STAUFFER JR. **Distribution, Biology and Management of Exotic Fishes.** Baltimore, Johns Hopkins Univ. Press. 1984. p.430,

DUPONCHELLE, F.; LINO, F.; HUBERT, N.; PANFILI, J.; RENNO, J.F.; BARAS, E.; TORRICO, J.P.; DUGUE, R. ; NUNEZ, J. Environment-related life-history trait variations of the red-bellied piranha Pygocentrus nattereri in two river basins of the Bolivian Amazon. **Journal of Fish Biology**, v.71, p. 1113–1134, 2007.

ESTEVES, F. A., **Fundamentos de limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência. 1988. p. 575.

FERGUSON, M.M. The genetic impact of introduced fishes on native species. **Canadian Journal of Zoology,** v.68, p.1053-1057, 1990.

GODINHO, A. L.. **Peixes do Parque Estadual do Rio Doce.** Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas / Universidade Federal de Minas Gerais. 1996, 48p.

GODINHO, A. L. & FORMAGIO, P. S. Efeitos da introdução de Cichla ocellaris e Pygocentrus sp. sobre a comunidade de peixes da lagoa Dom Helvécio, MG. In: GODINHO, H. P.; BARBOSA, P. M. (Eds.) ENCONTRO ANUAL DE AQUICULTURA DE MINAS GERAIS, 10.,1992, Belo Horizonte. **Anais**... Belo Horizonte: Associação Mineira de Aquicultura, 1992, p. 93-102.

GODINHO, A.L., FONSECA, M.T.; ARAÚJO, L.M. The ecology of predator fish introductions: the case of Rio Doce valley lakes. In: PINTO-COELHO, R. M., GIANI, A.; VON SPERLING, E. (Eds.) **Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies**. Belo Horizonte: SEGRAC, 1994, p. 77-83.

GODINHO, A.L. & GODINHO, H.P. **Monitoramento de Peixes na Lagoa Dom Helvécio; Parque Estadual do Rio Doce.** Belo Horizonte, maio, 1995. Relatório Final apresentado ao Instituto Estadual de Florestas.

HENRY, R.; PONTES, M. C. F.; TUNDISI, J. G. O déficit de oxigênio no Lago Dom Helvécio; Parque Florestal do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, p. 251-260, 1989.

KENNARD, M. J.; ARTHINGTON, A. H.; PUSEY, B. J. ; HARCH, B. D. Are alien fish a reliable indicator of river health? **Blackwell Publishing Ltd, Freshwater Biology,** v. 50, 174–193, 2004.

LATINI, A. O. Estado atual e perspectivas para a ictiofauna da região do Parque Estadual do Rio Doce, MG. In: Instituto Estadual de Florestas & Projeto Doces Matas (Ed.). **Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio Doce, MG.** Belo Horizonte, 2001, p. 1-49.

LATINI, A. O; LIMA-JUNIOR, D. P.; GIACOMINI, H. C.; LATINI, R. O.; RESENDE, D. C.; ESPÍRITO-SANTO, H. M. V.; BARROS, D. F. ; PEREIRA, T. L. Alien fishes in lakes of the Doce river basin (Brazil): range, new occurrences and conservation of native communities. **Lundiana**, v.5, n.2 p.135-142, 2004.

LOUBENS, G. & PANFILI, J. Biologie de Piaractus brachypomus (Telostei: Serrasalmidae) dans le bas-

sin du Mamoré (Amazonie bolivienne). **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v.12, p. 51–64, 2001.

LOWE-MCCONNELL, R.H. **Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999. 534p.

MILLER, R.R.; WILLIAMS, J.D.; WILLIAMS, J.E. Extinctions of North American fishes during the past century. **Fisheries**, v.14, n.6, p. 22–37, 1989.

MOYLE, P.B. & LEIDY, R.A. Loss of biodiversity in aquatic ecosystems: evidence from fish faunas. In: FIELDER, P.L. & JAIN, S.K. (Eds.), **Conservation Biology**: the theory and practice of nature conservation, Preservation and Management., New York, USA. Chapman and Hall, New York City 1992. p. 127–169.

NASCIMENTO, P. R. M.; SANTOS, C. H. A.; SOUSA, C. F. S.; CLÍMACO, G. T.; PAULA-SILVA, M. N. ; ALMEIDA-VAL, V. M. F. Isolation and development microsatellite markers in the Pygocentrus nattereri (Kner, 1858) (Characiformes, Serrasalminae), an important freshwater fish in the Amazon. **Conservation Genetics Resources**, v. 4 p.271–274, 2012.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil – Região Sudeste**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 3: p. 51-89, 1977.

OLDEN, J.D.; POFF, N.L.R.; DOUGLAS, M.R.; DOUGLAS, M.E. ; FAUSCH, K.D. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. **Trends in Ecology and Evolution**, v.19, n.1, p.18-24, 2004.

PETRI, S. & FÚLFARO, V.J. **Geologia do Brasil**. São Paulo: T. A. Queiroz e Editora da Universidade de São Paulo, 1983.

QUEIROZ, H.L.; SOBANSKI, M.B.; MAGURRAN, A.E. Reproductive strategies of Red-bellied Piranha (Pygocentrus nattereri Kner, 1858) in the white waters of the Mamirauá flooded forest, central Brazilian Amazon. **Environmental Biology of Fishes**, v. 89, n. 1, p. 11-19, 2010.

SAIJO, Y. & TUNDISI, J. G. (Eds.) **Limnological studies in Central Brazil; Rio Doce Valley lakes and Pantanal wetland**. Nagoya: Nagoya University, 1985.

SAINT-PAUL, U. & ZUANON, J. Fish communities in central Amazonian white and blackwater floodplains. **Environmental Biology of Fishes**, v.53, p.235–250, 2000.
SUGUIO, K. & KOHLER, H. C. Quaternary barred lake systems of the Doce river (Brazil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**,v. 64,n.2, p. 183-191, 1992.

SUNAGA, T. & VERANI, J. R. Preliminary report of comparative study on fish community of the Rio Doce Valley lakes. In: Y., SAIJO & J. G., TUNDISI (Eds.) **Limnological studies in Rio Doce Valley lakes and Pantanal wetland, Brazil**. Nagoya University, Nagoya, Japan: 1985, p. 167-174.

SUNAGA, T. & VERANI, J. R. Second report of comparative study on fish community of the Rio Doce Valley lakes. In: Y., SAIJO & J. G., TUNDISI (Eds.) **Limnological studies in Rio Doce Valley lakes and Pantanal wetland, Brazil.** v. 2. Nagoya, Japan: Nagoya University, 1987, p. 129- 135.

TUNDISI, J.G. & DE MEIS, M.R.M. Geomorphology and limnological processes at the Middle Rio Doce Valley lakes, In: **Limnological Studies in Central Brazil (1st Report)**. Nagoya, Japan: Water Research Institute, Nagoya University, Chikusa- ku, 1985, p.11-17.

TUNDISI, J. G. & MATSUMARA-TUNDISI, T. Estudos limnológicos no sistema de lagos do médio Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, 2.,1981,São Carlos **Anais**... São Carlos, UFSCar, 1981. p. 133-258.

UETANABARO, M.; WANG, T.; ABE, A.S. Breeding behaviour of the Red-bellied Piranha Pygocentrus nattereri in nature. **Environmental Biology of Fishes**, v.38, p.369–371, 1993.

VAZZOLER, A.E.M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos**: teoria e prática. Maringá: Editora da Universidade de Maringá, 1996.

VAZZOLER, A.E.A.M. & MENEZES, N.A. Síntese do conhecimento sobre o comportamento reprodutivo dos Characiformes da América do Sul (Teleostei, Ostariphysi). **Revista Brasileira de Biologia**, v.52, p.627–640, 1992.

VIEIRA, F.; ALVES, C.B.M.; POMPEU, P.S. Peixes In: DRUMMOND, G.M.; MARTINS, C.S.; GRECO, M.G.; VIEIRA, F. Biota Minas: diagnóstico do conhecimento sobre a biodiversidade no Estado de Minas Gerais – subsídio ao Programa **Biota Minas**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2009.

WELCOMME, R. L. International introductions of inland aquatic species. **FAO Fisheries Technical Papers**, v. 294, p.1-318, 1988.

Em destaque:

Pygocentrus nattereri Kner, 1858
Família: Serrasalmidae
Nome vulgar: piranha vermelha, piranha caju
Situação no Brasil: exótica invasora em várias bacias hidrográficas

São peixes de corpo alto e comprimido, com coloração dorsal mais escura e ventral mais clara, em tom amarelado ou vermelho-amarelado (FIG. 1) (JÉGU, 2003; FROESE & PAULY, 2015). Exemplares de 50cm de comprimento padrão e de 3,9 kg foram os maiores já registrados (FROESE & PAULY, 2015). Apresentam diferenças, de preferência alimentar, entre faixas etárias (BEHR & SIGNOR, 2008) e grande flexibilidade de dieta, que inclui peixes, insetos, frutos, outras partes de vegetais e, até mesmo, pequenos mamíferos (FERREIRA *et al.*, 2014).

No Brasil, ocorrem, naturalmente, nas bacias do rio Amazonas, do Paraná-Paraguai e de rios costeiros do Nordeste. Também são naturais da bacia do Essequibo, na Venezuela, e ocorrem como espécie intencionalmente introduzida em dezenas de países (FROESE & PAULY, 2015). A introdução intencional, por pescadores e criadores, em ambientes naturais e/ou de cultivo com fins de pesca ou piscicultura já foi confirmada na bacia do rio dos Sinos, rio Guaíba, rio São Francisco e rio Doce no Brasil.

Na década de 70, estas piranhas foram



FIGURA 1 – Exemplares de piranha vermelha.
Foto: domínio público, disponível em https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c4/Serrasalmus_nattereri_sbp2.jpg)

introduzidas em lagos do trecho Médio da Bacia do Rio Doce para o controle populacional do tucunaré (também introduzido), mas, após a não eficiência do controle proposto, as duas espécies causaram a extinção local de espécies nativas (LATINI *et al.*, 2004). Através de estudo realizado em 54 lagos desta região, observou-se que a sua ocorrência não está associada à área, à cobertura de macrófitas aquáticas, à oxigenação, ao pH, à condutividade elétrica ou à turbidez das águas dos lagos, mas, está associada à distância dos lagos aos riachos da região (LATINI & PETRERE, 2007). Esta resposta sugere forte potencial de invasão deste peixe em novos habitats, dependendo principalmente de seu potencial de dispersão. A espécie, apresentando cuidado parental, grande amplitude de dieta e boa aclimatação a novos ambientes invadidos, tem sua capacidade de invasão a ambientes naturais potencializadas e capacidade de gerar efeitos negativos, diretos e indiretos, sobre a comunidade e estoques pesqueiros nativos atingidos.

Programas de prevenção e de erradicação das piranhas no Nordeste brasileiro já foram executados, iniciando-se em 1934, com a então "Comissão Técnica de Piscicultura do Nordeste". A partir de 1945, suas atividades tiveram prosseguimento com o Serviço de Piscicultura do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Entre 1934 e 1954, os programas foram exclusivamente preventivos e, a partir de 1955, tiveram caráter preventivo e erradicativo (BRAGA, 1981). Entretanto, apesar destes esforços, não há registros de erradicação da espécie após a sua introdução em ambiente natural, sugerindo que a prevenção de sua dispersão é o melhor mecanismo para a proteção de comunidades aquáticas naturais.

Anderson Oliveira Latini

Professor do Departamento de Ciências Exatas e Biológicas (DECEB) da Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. MSc Ecologia (UFMG) e DSc Ecologia (Unicamp). E-mail: aolatini@ufsj.edu.br

Referências

BEHR, E. R.; SIGNOR, A. A. Distribuição e alimentação de duas espécies simpátricas de piranhas Serrasalmus maculatus e Pygocentrus nattereri (Characidae, Serrasalminae) do rio Ibicuí, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, v. 98, n. 4, p. 501-507, 2008.

BRAGA, R. A. **Ecologia e etologia das piranhas do nordeste do Brasil (Pisces - Serrasalmus Lacépède, 1803).** Fortaleza: DNOCS, 1981.

FERREIRA, F. S.; VICENTIN, W.; COSTA, F. E. S.; SÚAREZ, Y. R. Trophic ecology of two piranha species, Pygocentrus nattereri and Serrasalmus marginatus (Characiformes, Characidae), in the floodplain of the Negro River, Pantanal. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 4, p. 381-391, 2014.

FROESE, R.; PAULY, D. **FishBase**. Disponível em: http://www.fishbase.org. Acesso em: 17 de nov. 2015.

JÉGU, M. Subfamily Serrasalminae (Pacus and piranhas). In: REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. (Eds.). **Checklist of the Freshwater Fishes of South and Central America.** Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 182-196.

LATINI, A. O.; LIMA-JÚNIOR, D. P.; GIACOMINI, H. C.; LATINI, R. O.; RESENDE, D. C.; ESPÍRITO-SANTO, H. M. V.; BARROS, D. F.; PEREIRA, T. L. Alien fishes in Rio Doce lakes: range, new occurrences and conservation of native community. **Lundiana**, v. 5, n. 2, 135-142, 2004.

LATINI, A. O.; PETRERE, M. Which factors determine non-indigenous fish dispersal? A study of the red piranha in tropical Brazilian lakes, In: Gherardi, F. (Ed.). **Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats**. The Netherlands: Springer, 2007. p. 415-422.