



**Manual de alerta, detecção precoce e resposta
rápida de espécies exóticas invasoras para
o ambiente dulcícola no Brasil, incluindo
protocolo específico**

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

Vice-Presidente

GERALDO ALCKMIN

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

Ministra

MARINA SILVA

Secretaria-Executiva

Secretário-Executivo

JOÃO PAULO CAPOBIANCO

Secretaria Nacional de Biodiversidade, Florestas e Direitos Animais

Secretária

RITA DE CÁSSIA MESQUITA

Departamento de Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade

Diretor

BRAULIO FERREIRA DE SOUZA DIAS

Departamento de Áreas Protegidas

Diretor

PEDRO DE CASTRO DA CUNHA E MENEZES

Departamento de Proteção, Defesa e Direitos Animais

Diretora

VANESSA NEGRINI



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA
SECRETARIA NACIONAL DE BIODIVERSIDADE, FLORESTAS E DIREITOS ANIMAIS

**Manual de alerta, detecção precoce e resposta
rápida de espécies exóticas invasoras para
o ambiente dulcícola no Brasil, incluindo
protocolo específico**



Brasília/DF
MMA
2024

Equipe Técnica:

Texto

Sziller Planejamento e Consultoria Ambiental:
Sílvia Renate Ziller
Thiago Correia Couto
Lucas Jarduli
Diego Azevedo Zoccal Garcia

Equipe técnica MMA

Carlos Targino
José Renato Legracie
Rodrigo Braga
Ronaldo Morato
Tatiani Chapla

Equipe técnica WWF-Brasil

Anderson Ignácio	Fernanda Leite	Luana Lopes
Anna Carolina Lins	Gabriela Moreira	Mariana Gutiérrez
Antonio Barbosa	Gabriela Marangon	Moisés Muálem
Bruna Piazero	João Marcelo Lemos	Rabeshe Quintino
Eduarda Miranda	Kelly Martins	

Projeto gráfico e diagramação

Eduardo Guimarães - AG2 Comunicação

Foto das capas

Lithobates catesbeianus - ©Rostislav Stefanek

A elaboração e parte da implementação do Sumário executivo sobre a proposta de programa nacional de alerta, detecção precoce e resposta rápida de espécies exóticas invasoras e a estrutura organizacional e funcionamento da rede de colaboradores de apoio para monitoramento, identificação taxonômica de espécies e ações de manejo foram financiadas com recursos do Global Environment Facility (GEF) por meio do Projeto 029840 - Estratégia Nacional para a Conservação de Espécies Ameaçadas - Pró-Espécies: Todos contra a extinção.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação - CIP

Brasil. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima.

Manual de alerta, detecção precoce e resposta rápida de espécies exóticas invasoras para o ambiente dulcícola no Brasil, incluindo protocolo específico [recurso eletrônico] / Departamento de Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade – Brasília, DF: MMA, 2024.

103 p. : il.

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-88265-68-0 (on-line)

1. Ambiente dulcícola. 2. Espécies exóticas invasoras. 3. Monitoramento. 4. Táxon. I. Programa Nacional de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida para Espécies Exóticas Invasoras (PNADPRR). II. Título.

CDU 574

Biblioteca Nacional do Meio Ambiente

Ana Lúcia C. Alves – CRB1/2017

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Campos recomendados para o registro de notificações de ocorrência de espécies exóticas	46
Tabela 2 – Fontes de informação para verificação de antecedentes de invasão de espécies exóticas	50
Tabela 3 – Respostas a níveis de risco para invasões biológicas, conforme resultados da avaliação de risco.....	57
Tabela 4 – Estrutura básica dos planos de resposta rápida para EEIs com base no Guia de Orientação para o Manejo de Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais (ICMBio 2019), com adaptação para o contexto de detecção precoce e resposta rápida	59
Tabela 5 – <i>Checklist</i> da análise de viabilidade para ações de resposta rápida	60
Tabela 6 – Métodos empregados no controle de moluscos límnicos invasores.....	63
Tabela 7 – Métodos de controle de macrófitas aquáticas exóticas	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama da fase de preparo de programas de detecção precoce e resposta rápida	26
Figura 2 – Protocolo de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida para Espécies Exóticas Invasoras.....	44
Figura 3 – Detecção precoce de macrófita aquática exótica em reservatório de usina hidrelétrica.....	100
Figura 4 – Detecção precoce de molusco de água doce no rio Tocantins.....	102

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CDB – Convenção sobre Diversidade Biológica

EEl – espécie exótica invasora

EPI – equipamento de proteção individual

FUNBIO – Fundo Brasileiro para a Biodiversidade

GAT – Grupo de Assessoramento Técnico ao Programa Nacional de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida para Espécies Exóticas Invasoras

GEF – Global Environment Facility Trust Fund (Fundo Global para o Meio Ambiente)

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária

MMA – Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

PAN – Plano de Ação Nacional

PAT – Plano de Ação Territorial

PELD – Pesquisa Ecológica de Longa Duração

PNADPRR – Programa Nacional de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida para Espécies Exóticas Invasoras

UC – unidade de conservação



Oreochromis mossambicus
©Green Renaissance - WWF-US



SUMÁRIO

Apresentação	11
1 Informações básicas	13
1.1 Ecossistemas e grupos biológicos contemplados	13
1.1.1 Os ambientes dulcícolas	13
1.1.2 Os grupos biológicos contemplados	14
1.1.2.1 Microrganismos de água doce.....	15
1.1.2.2 Invertebrados dulcícolas	15
1.1.2.3 Vertebrados dulcícolas	16
1.1.2.4 Macrófitas aquáticas	17
1.2 Vias/vetores de introdução e dispersão	17
1.3 Definição de áreas de relevância para detecção precoce	19
1.3.1 Áreas sob proteção legal.....	19
1.3.2 Ocorrência de espécies ameaçadas de extinção, raras ou endêmicas.....	20
1.3.3 Suscetibilidade à chegada de propágulos de espécies exóticas invasoras (EEIs)...	20
1.3.4 Ocorrência de iniciativas de produção, cultivo ou criação	21
2 Detecção precoce e resposta rápida para espécies exóticas invasoras.....	23
2.1 Fase de preparo.....	23
2.2 Etapas do processo de detecção precoce e resposta rápida.....	24
2.2.1 Vigilância e monitoramento	27
2.2.1.1 Tipos de vigilância e monitoramento.....	28
Vigilância e monitoramento passivos.....	28
Vigilância e monitoramento ativos	29
2.2.1.2 Métodos de vigilância e monitoramento	30
Microrganismos de água doce	31
Invertebrados dulcícolas	33
Vertebrados dulcícolas	35
Monitoramento de macrófitas aquáticas	39
DNA Ambiental.....	40

2.3 Interpretação do Protocolo	41
2.3.1 Notificação	41
2.3.2 Identificação e triagem.....	43
2.3.2.1 Processo de identificação.....	44
2.3.2.2 Avaliação de risco rápida	46
2.3.3 Alerta	48
2.3.4 Vistoria, caracterização da invasão e erradicação imediata.....	48
2.3.5 Avaliação de risco	52
2.3.6 Planos de resposta rápida	56
2.3.6.1 Análise de viabilidade	58
2.3.7 Execução de ações de resposta rápida.....	59
2.3.7.1 Estratégias e métodos de erradicação e controle.....	59
2.3.7.1.1 Microrganismos de água doce	60
Cianobactérias (algas procariontes).....	60
2.3.7.1.2 Invertebrados	61
Moluscos.....	61
Outros invertebrados incrustantes.....	62
Invertebrados de vida livre.....	62
2.3.7.1.3 Vertebrados	63
Peixes.....	63
Anfíbios e quelônios.....	64
2.3.7.1.4 Macrófitas aquáticas.....	65
Controle mecânico	65
Controle biológico	67
Controle químico	67
2.3.8 Monitoramento posterior e repasse.....	68
2.3.8.1 Avaliação de eficácia das ações de resposta	68
3 Considerações finais.....	71
Referências	73

Glossário	81
Apêndice	83
Apêndice 1 – Descrição das vias/vetores de introdução e dispersão	83
Apêndice 2 – Diretório de fontes de informação e contatos.....	89
Apêndice 2.1 – Potenciais colaboradores e contatos de especialistas	89
Apêndice 2.2 – Fontes de informação sobre manejo e espécies.....	90
Apêndice 2.3 – Listas de espécies exóticas invasoras (EEl)s.....	91
Apêndice 2.4 – Protocolos de avaliação de risco	91
Apêndice 3 – Exemplos de plano de resposta rápida no ambiente dulcícola.....	92
Apêndice 3.1 – Detecção precoce de macrófita aquática em reservatório de usina hidrelétrica	92
Apêndice 3.2 – Detecção precoce de molusco dulcícola no rio Tocantins	94
Apêndice 4 – Materiais e equipamentos para monitoramento e controle	96
Apêndice 5 – Exemplos de aplicação do Protocolo para o ambiente dulcícola	99
Apêndice 5.1 – Detecção de macrófita aquática em reservatório de usina hidrelétrica	99
Apêndice 5.2 – Detecção de molusco dulcícola no rio Tocantins	101



Pacifastacus leniusculus
©Marek R. Swadzba

APRESENTAÇÃO

Um dos principais objetivos da Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras (Resolução CONABIO nº 7, de 29 de maio de 2018) e do respectivo Plano de Implementação (Portaria MMA nº 3, de 16 de agosto de 2018) diz respeito ao estabelecimento de um Programa Nacional de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida para Espécies Exóticas Invasoras (PNADPRR). Este manual é um dos itens que integra o conjunto de documentos deste Programa Nacional, elaborado no âmbito do projeto Estratégia Nacional para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção (Pró-Espécies), financiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF, sigla em inglês), tendo o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) como coordenador, o Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO) como agência implementadora e o WWF-Brasil como agência executora.

Neste documento apresentamos o manual de orientação para o uso do Protocolo de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida, com vistas à implementação de ações práticas de erradicação e controle de EEI em ambientes dulcícolas. O Protocolo se fundamenta no modelo do Protocolo Geral, elaborado como produto anterior desta consultoria (Produto 5.1), porém este manual contém informações mais detalhadas sobre diversos aspectos do Protocolo, com o intuito de facilitar sua aplicação prática no âmbito do PNADPRR.

O público-alvo é, porém, mais amplo, no sentido de que o manual pode ser útil para programas de detecção precoce e resposta rápida estabelecidos em outras escalas, seja em nível estadual, seja em uma área particular, como uma unidade de conservação (UC). O objetivo principal é facilitar a compreensão do processo de detecção precoce e das alternativas disponíveis para cada etapa de aplicação do Protocolo, a fim de permitir que as ações decorrentes de uma notificação de ocorrência de espécie exótica tenham agilidade e foco em maximizar as oportunidades de erradicação, contenção ou controle efetivo de novos casos de invasão.

Este manual foi submetido a consulta pública juntamente com os demais protocolos para ambientes marinhos e terrestres. Foram convidados diversos profissionais vinculados à área ambiental e à temática de invasões biológicas, com experiência na gestão pública, no manejo, em restauração ambiental e em atividades de ensino e pesquisa, entre outros, a fim de oferecer contribuições para o aprimoramento do manual e do PNADPRR.

A photograph of two Gambusia affinis fish, commonly known as mosquitofish, swimming in an aquarium. The fish are positioned horizontally, one above the other, facing right. They have a slender, elongated body with a yellowish-orange hue and a prominent white stripe running along the side. Their eyes are large and dark. The background is filled with dense, feathery green artificial aquarium plants. In the top left and bottom left corners, there are decorative orange and white wavy graphic elements.

Gambusia affinis
©slowmotiongli/Shutterstock

1 INFORMAÇÕES BÁSICAS

Este manual para uso do Protocolo de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida contempla o grupo de espécies dulcícolas e visa prover orientação detalhada sobre a aplicação das distintas etapas do processo de detecção precoce e resposta rápida. Contempla uma explicação sobre os ambientes e grupos biológicos contemplados, sobre as principais vias e vetores de introdução e dispersão de espécies dulcícolas, uma proposta de critérios para priorização de áreas de relevância para vigilância e monitoramento focados na detecção precoce, a estrutura básica para a elaboração de planos de resposta rápida, orientação para a avaliação da eficácia de ações de resposta e uma explicação detalhada sobre as etapas do Protocolo que deverão guiar a tomada de decisão, além de sugestões de métodos de monitoramento e controle para distintos grupos biológicos. Os apêndices trazem indicações de fontes complementares de informação e exemplos de planos de resposta rápida e de aplicação do Protocolo.

O estabelecimento de parcerias com instituições que mantêm coleções zoológicas, aquários e herbários é de alta relevância para viabilizar a identificação de espécies detectadas, com apoio de taxonomistas, assim como para envolver profissionais na emissão de notificações de ocorrência. Alguns exemplos providos no decorrer do texto são ilustrativos e se referem a espécies amplamente disseminadas no território nacional às quais a abordagem de detecção precoce e resposta rápida somente será aplicável caso cheguem a novas áreas de ocorrência. Por exemplo, o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) pode alcançar as bacias dos rios Amazonas e Tocantins-Araguaia. De forma análoga, espécies nativas do Brasil, como alguns tucunarés do gênero *Cichla*, que foram levados para fora de sua área de distribuição natural e são invasores em reservatórios em estados do Sul e Sudeste brasileiros, podem ser disseminadas em novas áreas onde não ocorrem naturalmente. A dispersão de populações em áreas incomuns, gerando novos focos de invasão, igualmente deve ser alvo de detecção precoce e ações de resposta rápida a fim de evitar a expansão da invasão no território nacional.

1.1 ECOSSISTEMAS E GRUPOS BIOLÓGICOS CONTEMPLADOS

1.1.1 Os ambientes dulcícolas

Os ecossistemas aquáticos continentais brasileiros podem ser divididos em ambientes lóticos (rios, riachos, córregos e arroios), lênticos (lagos, lagoas, açudes, reservatórios) e de terras úmidas (banhados e brejos, florestas alagadas, veredas, várzeas, turfeiras e pantanal) (Esteves, 2011; Tundisi; Tundisi, 2008). É importante ressaltar que esses ambientes apresentam diferenças físicas e químicas, as quais vão proporcionar características específicas e diferenciadas na dinâmica e no estabelecimento de EEl.

- a) **Ambientes lóticos:** a característica principal é a presença de corrente horizontal. Normalmente surgem de pequenas nascentes e vão aumentando de volume de água e largura com novas contribuições de afluentes. Dessa forma, apresentam uma zonação marcante desde o local de surgimento até o local de deságue no oceano, por serem normalmente extensos e heterogêneos, podendo apresentar diversos grupos biológicos de EEl incluindo peixes, crustáceos, moluscos, insetos e outros. A invasão do mexilhão-

dourado (*Limnoperna fortunei*) na bacia do Prata, no Sul do Brasil, por exemplo, suprimiu espécies nativas e causou extensos prejuízos em sistemas de irrigação, abastecimento de água e geração de energia elétrica (Boltovskoy; Correa, 2015).

- b) **Ambientes lênticos:** são ambientes que não apresentam correntes horizontais, exceto algumas superficiais provocadas pelo vento, normalmente sendo sistemas mais sensíveis à poluição. Nestes ambientes predominam EEIs como microrganismos, invertebrados dulcícolas, vertebrados como peixes, anfíbios e quelônios, além de macrófitas aquáticas. Um exemplo é o tucunaré (*Cichla* spp.), oriundo da bacia amazônica e presente na planície de inundação do rio Paraná, adaptando-se principalmente a lagoas marginais, que conservam uma grande diversidade de espécies nativas terrestres e aquáticas (Graça; Pavanelli, 2007).
- c) **Ambientes de terras úmidas:** são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanente ou periodicamente inundados ou com solos encharcados. A água pode ser doce, salobra ou salgada, com comunidades de plantas e animais adaptados à respectiva dinâmica hídrica (Tundisi; Tundisi, 2008). São dominados em grande parte pela presença de plantas aquáticas enraizadas no sedimento e que ficam acima do nível da água. Muitos desses ambientes são associados às margens de ambientes lóticos ou lênticos, com potencial invasão por insetos, anfíbios, répteis, plantas aquáticas e outros organismos. Muitos autores investigam a macrófita aquática asiática *Hydrilla verticillata* (Zhu *et al.*, 2017), que tem potencial de invadir áreas alagadas como o Pantanal, por exemplo.
- d) **Reservatórios artificiais:** a zona lacustre do reservatório (próxima à barragem) é mais ampla, profunda e forma uma bacia que se assemelha a um ambiente lêntico, onde a velocidade e a renovação da água são muito baixas; a turbidez é reduzida, sendo que a camada eufótica pode ter uma extensão que ultrapassa a zona de mistura; os teores de nutrientes são muito baixos, sendo que estes, especialmente nitrogênio e fósforo, são muitas vezes fatores limitantes para a produção de matéria orgânica (Agostinho *et al.*, 2007). Além disso, também são aumentadas as chances de estabelecimento de espécies exóticas, devido à simplificação da comunidade de espécies nativas e à consequente redução de sua resistência à invasão biológica. Organismos como o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), a corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e algumas cianobactérias (ex.: *Anabaena circinalis*) são beneficiados pelas alterações causadas pelo represamento de rios (Carnelós; Benedito-Cecilio, 2002). Medidas equivocadas adotadas na tentativa de incrementar os usos múltiplos de reservatórios (pesca esportiva, aquicultura, turismo e lazer) também são responsáveis pela introdução e posterior estabelecimento de EEIs (Tundisi; Tundisi, 2008).

1.1.2 Os grupos biológicos contemplados

Os grupos biológicos abordados a seguir são aqueles com representantes em ambientes dulcícolas. Serão citadas ao longo desta subseção espécies que exemplificam a presença desses grupos nos ecossistemas aquáticos continentais listados anteriormente.

1.1.2.1 Microrganismos de água doce

- a) **Algas procariontes:** bactérias que obtêm energia pela fotossíntese, chamadas popularmente de cianobactérias, algas cianofíceas, algas-azuis ou algas-verde-azuladas. Cianobactérias do gênero *Anabaena* produzem toxinas que podem afetar a qualidade abiótica e a biodiversidade dos corpos d'água invadidos (Sotero-Santos *et al.*, 2008).
- b) **Algas eucariontes:** algas com uma verdadeira membrana nuclear que realizam fotossíntese.
- c) **Protozoários:** microrganismos unicelulares, eucariontes e geralmente heterotróficos. O dinoflagelado *Ceratium furcoides* (que tem capacidade de realizar fotossíntese e é chamado de microalga por alguns autores), por exemplo, tem recebido atenção devido ao comportamento invasor na América do Sul, com consequentes alterações em comunidades fitoplanctônicas (Silva *et al.*, 2019).

1.1.2.2 Invertebrados dulcícolas

- a) **Cnidários:** animais que apresentam um corpo simples, com uma parede formada por duas camadas de células separadas por uma camada de consistência gelatinosa, e que são tipicamente carnívoros. Os hidroides, pólipos bentônicos, são representantes do grupo em ambientes de água doce. Têm o corpo com forma colunar ou cilíndrica, com um disco basal de fixação ao substrato no polo aboral e, no polo oral, a boca rodeada pelos tentáculos. No Brasil, pode-se destacar a espécie *Cordylophora caspia* originária do Mar Cáspio, que chegou ao continente sul-americano provavelmente por meio da água de lastro de navios ou aderida a cascos de embarcações comerciais (Agostinis, 2016).
- b) **Rotíferos:** animais multicelulares aquáticos (a maior parte em água doce), microscópicos e dotados de uma coroa de cílios que rodeiam a boca e que se movem rapidamente, parecendo uma roda giratória. O rotífero *Kellicottia bostoniensis* é uma espécie planctônica comum na América do Norte e introduzida no Brasil (Bezerra-Neto *et al.*, 2004).
- c) **Helmintos:** o termo não descreve um grupo natural, pois engloba grupos metazoários filogeneticamente distintos, sendo eles os filos Platyhelminthes (vermes achatados) e Nematoda (vermes cilíndricos). Entre estes estão parasitas de peixes como *Bothriocephalus acheilognathi*, um platelminto parasita de peixes de água doce, originário da China e do leste da Rússia, e o verme *Camallanus cotti* (Nematoda), comumente observado em espécies de peixes de importância econômica, associados ao aquarismo (Menezes *et al.*, 2006).
- d) **Anelídeos:** são animais que apresentam o corpo segmentado, isto é, dividido em anéis como a sanguessuga *Barbronia weberi* (Hirudinea: Salifidae), detectada no rio Tietê (SP). Esta espécie tem distribuição natural cobrindo o sudeste da China, o Afeganistão e a região do Paquistão até Java, Borneo e Sumatra. Alimenta-se de invertebrados aquáticos como moluscos, crustáceos e insetos e utiliza de macrófitas aquáticas como substrato (Govedich *et al.*, 2003).
- e) **Crustáceos:** artrópodes que se destacam pela presença de dois pares de antenas e um exoesqueleto com carbonato de cálcio. Como exemplo, destaca-se *Macrobrachium*

rosenbergii, um camarão nativo do Indo-Oeste Pacífico. Esta espécie foi cultivada em diversas partes do mundo, de modo que sua distribuição atual é bastante ampla. No Brasil, foi introduzida em 1977, importada de fazendas do Havaí (EUA) para cultivos no país. Na década de 1980, se difundiu entre produtores. Há também casos de introdução de microcrustáceos planctônicos como a pulga-d'água *Daphnia lumholtzi*, encontrada no reservatório de Três Irmãos no ano 2000. A espécie é nativa do sudeste da Ásia, África e Austrália, e possivelmente sua deslocação está associada à introdução de peixes exóticos dessas regiões do mundo (Zanata *et al.*, 2003).

- f) **Insetos aquáticos:** animais artrópodes que vivem pelo menos um estágio do ciclo de vida em ambientes aquáticos. Como representantes podemos citar as larvas do mosquito *Aedes aegypti*, vetor de doenças como dengue, zika e chicungunha (Peiró *et al.*, 2013).
- g) **Moluscos:** os representantes desse filo destacam-se por apresentar corpo mole, o qual é frequentemente protegido por uma concha. O caso de introdução mais conhecido no país é o do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), molusco bivalve que foi introduzido no Brasil via água de lastro no início da década de 1990 (IBAMA, 2020). Espécies exóticas de gastrópodes também foram introduzidas no país, a exemplo de *Physa acuta* (potencial hospedeira de *Fasciola hepatica* e *Echinostoma* spp.) e *Melanoides tuberculatus* (potencial hospedeira intermediária de trematódeos de importância médica) (Giovannelli *et al.*, 2005).

1.1.2.3 Vertebrados dulcícolas

- a) **Peixes:** estão entre os vertebrados mais diversos e ocupando diferentes tipos de ambientes dulcícolas. No Brasil, além da introdução de espécies advindas de outros países e continentes, como tilápias (*Oreochromis niloticus* e *Coptodon rendalli*), carpas (*Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*), bagres-africanos (*Clarias gariepinus*), pangas (*Pangasianodon hypophthalmus*), trutas (*Oncorhynchus mykiss*) e black bass ou achigã (*Micropterus salmoides*), há também muitos casos de translocação de peixes entre diferentes bacias hidrográficas (ecorregiões de água doce). Este é o caso dos amazônicos tucunarés (*Cichla* spp.), introduzidos em reservatórios do Sul e Sudeste do país para pesca esportiva (Gubiani *et al.*, 2018). Entre os peixes ornamentais, utilizados no aquarismo, há espécies como apaiari (*Astronotus* spp.), raia (*Potamotrygon* spp.), gar (*Lepisosteus* spp.) e polipterus (*Polypterus* spp.) com comportamento agressivo e predatório, o que representa ameaça aos ambientes naturais principalmente como consequência de descarte inadequado ou escape (Ferraz *et al.*, 2019).
- b) **Anfíbios:** são muito presentes próximos a corpos d'água, com fase larval aquática (girino). São exemplos a rã-africana (*Xenopus laevis*) e a rã-touro (*Aquarana catesbeiana*) (Ribeiro; Toledo, 2022). A primeira (*X. laevis*) é criada no Brasil para fins científicos e como pet (Lobos *et al.*, 2013), enquanto a segunda (*A. catesbeiana*) foi introduzida para fins alimentares e aquariofilia, sendo amplamente distribuída como invasora no bioma Floresta Atlântica.

- c) **Quelônios:** testudines, tartarugas ou cágados. O tigre-d'água (*Trachemys scripta elegans*) é um cágado nativo da bacia do rio Mississipi, nos Estados Unidos, introduzido no Brasil como pet. Posteriormente foi substituído pela espécie nativa do Rio Grande do Sul, *Trachemys dorbigni*, que continua sendo comercializada apesar de exótico em grande parte do país (Ferronato *et al.*, 2009; Fonseca *et al.*, 2021).

1.1.2.4 Macrófitas aquáticas

Diversos nomes são utilizados para espécies vegetais adaptadas a ambientes aquáticos, tais como hidrófitas, limnófitas, macrófitas e traqueófitas aquáticas. Porém, o termo macrófita aquática é consagrado e utilizado para caracterizar espécies vegetais que habitam desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos, indo de macroalgas a plantas vasculares (Esteves, 2011). Em ambientes aquáticos continentais, macrófitas aquáticas são importantes na proteção de margens de rios e reservatórios, para abrigo de invertebrados, peixes e outros animais em diferentes fases de vida, e como substrato para perifíton (conjunto de microrganismos, ou seus detritos). Também são importantes recursos tróficos que desempenham um papel na ciclagem de nutrientes.

Informações sobre espécies exóticas dulcícolas presentes no país e de espécies de risco iminente de introdução e invasão no Brasil estão disponíveis no Apêndice 1.

1.2 VIAS/VETORES DE INTRODUÇÃO E DISPERSÃO

O processo de globalização envolve a intensificação de atividades de transporte, comércio, viagens e turismo. Esses fatores são considerados chave na movimentação de espécies ao redor do mundo (Hulme, 2009; Butchart *et al.*, 2010; Essl *et al.*, 2015). Através dessas atividades, são geradas oportunidades para que espécies cruzem barreiras biogeográficas que naturalmente impediriam sua movimentação e dispersão. Essas oportunidades são caracterizadas como vetores e vias de transporte de plantas, animais e material biológico vivo. Uma vez transportadas a uma nova região, espécies exóticas potencialmente invasoras podem se mover, ou ser transportadas, da área de introdução para novas áreas ou regiões. O entendimento da importância de vias/vetores específicos para EEIs é fundamental para a gestão das ameaças que essas espécies representam (European Commission, 2011; CBD, 2014), pois gera oportunidade para interromper o fluxo contínuo de introduções indesejadas através da adoção de medidas de gestão e manejo.

As categorias de vias/vetores de introdução e dispersão de organismos dulcícolas mais relevantes são: soltura na natureza (como espécies com interesse de pesca), escape de confinamento (como fuga ou soltura de animais e plantas), transporte como contaminante (como espécies parasitas em animais), transporte como clandestino (como espécies transportadas em equipamento de pesca/pesca com anzol, presença clandestina em navio/embarcação, água de lastro de navio/embarcação), bioincrustação em navio/embarcação ou outro meio de transporte, corredor (por passagem através de canais/bacias interconectadas) e sem ajuda humana (por dispersão natural após ser introduzida em um local) (Harrower *et al.*, 2018). Uma descrição das vias/vetores está disponível no Apêndice 1 e mais detalhes sobre as vias/

vetores podem ser obtidos no [documento guia da Convenção sobre Diversidade Biológica](#) (Harrower *et al.*, 2018 in CBD/SBSTTA/22/INF/9).

Apesar de o Brasil ser o país com a maior diversidade de peixes de água doce do mundo, a atividade da aquicultura se fundamenta no uso de espécies de outros continentes, como por exemplo tilápias (*Oreochromis* spp. e *Coptodon* spp.), bagres-africanos (*Clarias gariepinus*) e pangásius (*Pangasianodon hypophthalmus*) (Padial *et al.*, 2017; Garcia *et al.*, 2022), assim como na translocação de espécies entre bacias hidrográficas no Brasil, como no caso de tucunarés (*Cichla* spp.) nativos da Amazônia e introduzidos em reservatórios no Sudeste e Sul.

A principal via de introdução de peixes exóticos em ambientes naturais é o escape do confinamento a partir de estações de piscicultura, tanto de tanques-rede em reservatórios, como de tanques escavados construídos próximos às margens de rios e riachos (Azevedo-Santos *et al.*, 2011; Casimiro *et al.*, 2018). As atividades de piscicultura são responsáveis pela introdução de 7,6 vezes mais espécies nos reservatórios neotropicais do que outros vetores (Ortega *et al.*, 2015). Os escapes ocorrem principalmente durante o manejo dos tanques ou eventos de grandes enchentes com o transbordamento dos tanques (Azevedo-Santos *et al.*, 2011; Ortega *et al.*, 2015; Casimiro *et al.*, 2018). Crustáceos criados para fins alimentares, como o camarão-da-malásia (*Macrobrachium rosenbergii*), têm como via de introdução o escape de tanques de criação.

A aquariofilia e o comércio de peixes e outros organismos ornamentais dulcícolas, incluindo plantas, são responsáveis por diversos casos de introduções no Brasil (Magalhães *et al.*, 2020; Garcia *et al.*, 2021). A soltura desses organismos em ambientes naturais e artificiais por aquaristas introduziu os peixes mato-grosso (*Hyphessobrycon eques*) e espadinha (*Xiphophorus hellerii*) na bacia do alto Paraná (Garcia *et al.*, 2018), além de diversas espécies na bacia do Paraíba do Sul (Magalhães *et al.*, 2020). O cága-do *Trachemys dorbigni*, nativo apenas no estado do Rio Grande do Sul, por exemplo, é vendido como animal de estimação para todo o Brasil, sendo comum a soltura intencional de indivíduos em lagoas e açudes por proprietários que desistem da guarda dos animais. Moluscos límnicos ornamentais são comercializados em lojas de aquário por se alimentarem de perifíton e servirem como meio de ‘limpeza’ em aquários. Macrófitas aquáticas exóticas também podem ser introduzidas via aquariofilia e comércio de plantas ornamentais. Estas plantas comercializadas também podem ser vetores de desovas ou até mesmo de indivíduos jovens de caramujos exóticos ou outros organismos que aderem às folhas, talos ou raízes das plantas.

No Brasil, a soltura de espécies exóticas em ambientes naturais e artificiais ocorre clandestinamente. Reservatórios de usinas hidrelétricas e represas municipais recebem diversas espécies exóticas através da ação equivocada de introduzir tais espécies para ‘melhoramento da paisagem’ e ‘fins de conservação’. Porém, muitas solturas também são feitas intencionalmente para o incentivo da pesca. São realizadas principalmente com espécies esportivas, como o tucunaré (*Cichla* spp.) em reservatórios do Sudeste e Sul do Brasil (Pelicice; Agostinho, 2009), o dourado *Salminus brasiliensis* no rio Iguaçu, e o black bass ou achigã (*Micropterus salmoides*) no Sul do país. Ainda, ao final de pes-

carias, também ocorre a soltura de iscas vivas que podem não ser nativas àquela bacia hidrográfica, como ocorreu com o caso da introdução do caranguejo *Dilocarcinus pagei* na bacia do alto rio Paraná e outras espécies de peixe. A soltura de peixes exóticos como espécies de guppy (*Poecilia* spp.) também ocorre para controle de larvas de mosquitos vetores de doenças, sendo esta uma estratégia equivocada de controle do vetor (Azevedo-Santos *et al.*, 2016).

Invertebrados microscópicos, como rotíferos e hidrozoários (como *Cordylophora caspia*), podem ser introduzidos no momento da troca da água de lastro de navios, aderidos a embarcações ou transportados em diferentes estágios de desenvolvimento. Moluscos adultos em fase de pós-larva são geralmente introduzidos por embarcações que lastream e deslastream em pequenos portos existentes ao longo de hidrovias continentais brasileiras, trazendo nos casos água de outros locais.

Além disso, a construção de passagem através de canais/bacias interconectadas é responsável pela introdução de espécies por uma via de acesso que não existia naturalmente. O Canal da Piracema no reservatório de Itaipu e a transposição do rio São Francisco são situações que exemplificam tal processo.

1.3 DEFINIÇÃO DE ÁREAS DE RELEVÂNCIA PARA DETECÇÃO PRECOCE

A definição de áreas de relevância para vigilância visando a detecção precoce e resposta rápida é necessária para que se possa otimizar esforços e maximizar oportunidades de erradicação de focos de invasão biológica em áreas importantes para a conservação da biodiversidade e manutenção de serviços ecossistêmicos, assim como para cobrir áreas com elevada probabilidade de chegada ou de dispersão de propágulos de espécies exóticas. A fim de definir essas áreas, entende-se que é importante, antes de tudo, definir critérios que orientem essas escolhas. Para ser efetiva, a priorização deve considerar não somente as EEIs e as vias/vetores de introdução e dispersão, mas também os ambientes e as áreas mais sensíveis e suscetíveis à invasão (McGeoch *et al.*, 2016).

Apresentamos a seguir uma proposta de critérios que devem ser levados em consideração quando da definição de áreas de relevância para detecção precoce de EEIs. O cruzamento de informações entre esses critérios leva à melhor indicação possível para a definição de prioridades. Assim sendo, esse processo é dinâmico e deve ser aperfeiçoado e atualizado com o passar do tempo.

1.3.1 Áreas sob proteção legal

Áreas legalmente destinadas à conservação ambiental, como UCs nas esferas federal, estadual e municipal, assim como Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais, devem ser priorizadas em função de sua relevância para a conservação de espécies nativas, de serviços ecossistêmicos e da paisagem natural. Como essas últimas categorias são amplamente dispersas em todo o território nacional, seria importante priorizar aquelas onde existe algum tipo de monitoramento ou de estrutura para tal, como, por exemplo, propriedades de empresas florestais e outros empreendimentos privados que viabilizem a aplicação das medidas propostas.

A ocorrência de espécies ameaçadas de extinção, raras ou endêmicas que podem ser impactadas por invasões biológicas é um critério adicional importante para a seleção de UCs prioritárias. As áreas de preservação permanente ao longo de rios e outros cursos d'água têm um papel fundamental na conservação da biota aquática.

A formação de guarda-parques e gestores e a provisão de materiais e equipamentos são imprescindíveis para que a detecção precoce e resposta rápida possa funcionar de forma eficaz.

1.3.2 Ocorrência de espécies ameaçadas de extinção, raras ou endêmicas

Refere-se a áreas importantes para a conservação dessas espécies, independentemente de receberem proteção legal. EEIs são consideradas uma das maiores causas de perda de diversidade em nível global e constituem ameaças importantes à conservação de espécies nativas, gerando riscos a espécies representadas por populações pequenas, endêmicas ou raras (Millenium Ecosystem Assessment 2005).

Para selecionar áreas relevantes, podem ser utilizados mapas de ocorrência de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção dos Planos de Ação Nacionais para a Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção (PANs), por estado, assim como os Sítios da Aliança Brasileira para Extinção Zero (sítios BAZE) e Áreas Chave para a Conservação (em inglês, Key Biodiversity Areas – KBA). A partir desses dados, pode-se verificar as áreas onde existem programas de monitoramento ambiental e, em segundo lugar, onde é factível estabelecer atividades de vigilância e monitoramento, através do engajamento tanto de funcionários, instituições de ensino e pesquisa, quanto da sociedade civil e outros.

Os Planos de Ação Territoriais (PATs), instrumentos similares aos PANs, têm foco nas ameaças que incidem em espécies de diferentes grupos taxonômicos da fauna e da flora que ocorrem em determinado território. Esses planos têm interface direta com a temática de EEIs porque indicam áreas de ocorrência de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção que devem ser consideradas na definição de áreas prioritárias para controle de EEIs. O cruzamento de dados de ocorrência de espécies ameaçadas ou endêmicas com EEIs, por exemplo no interior de UCs, assim como alguns critérios complementares como a extensão dos focos de invasão, podem facilitar a identificação de áreas prioritárias para detecção precoce, controle ou erradicação de focos de invasão biológica.

1.3.3 Suscetibilidade à chegada de propágulos de espécies exóticas invasoras (EEIs)

Em função do trânsito de pessoas, áreas onde há transporte ou atividades produtivas que incluem EEIs tendem a sofrer maior pressão de propágulos (chegada de propágulos com alta frequência ou intensidade), criando oportunidades para a invasão biológica. Essas áreas incluem pontos de fronteira ou de entrada no país como portos, assim como atividades comerciais que utilizem EEIs, como estações de piscicultura e pesque-pague. As vias/vetores mais relevantes para ambientes de água doce estão indicados na subseção 1.2 deste manual e incluem a introdução de peixes para fins de aquicultura, uso alimentício ou pesca esportiva, comércio de animais de estimação e ornamentais (pets), que inclui peixes de aquário, água de lastro, bioincrustação e comércio de plantas ornamentais aquáticas.

O monitoramento de portos se torna importante para embarcações que lastram e deslastram em portos fluviais ou complexos portuários. No Brasil, três portos fluviais se destacam: o de Manaus, o de Porto Alegre (no rio Guaíba) e o de Corumbá (no rio Paraguai). Considerando as hidrovias continentais, tanto indivíduos adultos como em estágios juvenis podem ser transportados dentro de compartimentos ou na areia usada para construções que tenha sido retirada de mananciais hídricos contaminados e levada para áreas ainda livres de EEIs. A areia é retirada para a abertura de canais em hidrovias, conectando trechos antes inacessíveis para os organismos. Além disso, a translocação de areia para construção de praias artificiais em diferentes bacias também pode ser responsável pelo transporte de diferentes espécies.

A partir do conhecimento da presença de EEIs em países vizinhos, podem ser identificados pontos de fronteira onde é mais importante estabelecer fiscalização específica para prevenir a entrada de plantas ou animais exóticos. Portanto, deve ser priorizada a fiscalização de transportes de peixes e outros organismos vivos; de embarcações, à procura de organismos incrustados e/ou soltos na água em compartimentos; e do transporte de água e areia. A fiscalização em serviços postais é também chave para melhorar a vigilância de introdução e translocação de material biológico no país, seja de sementes de plantas seja de animais, especialmente com valor ornamental.

A construção de reservatórios para diversas finalidades, como produção de energia elétrica, abastecimento de água, irrigação e recreação, leva à conversão de ambientes lóticos (rios) em lênticos. Além de eliminar o habitat de espécies nativas, esse processo cria oportunidades para o estabelecimento de espécies exóticas. Desse modo, reservatórios (geradores de eletricidade ou não) são ambientes altamente propícios para espécies exóticas (Pereira *et al.*, 2017), devendo ser considerados prioritários para monitoramento no âmbito da detecção precoce.

1.3.4 Ocorrência de iniciativas de produção, cultivo ou criação

As áreas próximas a estruturas ou áreas de produção, cultivo ou criação de EEI, especialmente quando localizadas em áreas importantes para a conservação da biodiversidade e em zonas de amortecimento de UCs, tendem a ser invadidas primeiro em caso de escape de indivíduos. A existência de iniciativas de produção de espécies com potencial invasor deve ser considerada como um critério adicional para indicar prioridades para monitoramento e controle, inclusive em áreas de comércio de espécies exóticas para fins ornamentais. Informações disponíveis a partir de processos de licenças e cadastros devem ser aproveitadas como base para análise e verificação da ocorrência de EEIs.

Dada a vasta distribuição de iniciativas de produção, cultivo ou criação com EEIs no país, estas áreas podem ser usadas para indicar, de duas formas, a necessidade de monitoramento ou vigilância: primeiro, pela inclusão, em processos de licenças, de atividades de monitoramento e controle contínuos; segundo, como critério adicional na escolha de áreas prioritárias, como UCs ou áreas de ocorrência de espécies raras, endêmicas ou ameaçadas de extinção localizadas nas proximidades. A definição de medidas de segurança eficazes para evitar o escape de organismos aquáticos das estruturas de aquicultura e a fiscalização constante são medidas importantes para reduzir a pressão de propágulos em ambientes aquáticos.



Esox lucius
©Martin Prochazkacz



2 DETECÇÃO PRECOCE E RESPOSTA RÁPIDA PARA ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS

A estratégia de detecção precoce e resposta rápida é fundamental para maximizar as oportunidades de eliminação de invasões biológicas enquanto estão na fase inicial, não houve dispersão a áreas amplas, a reprodução ainda não ocorreu ou as espécies estão recém-estabelecidas. Essa etapa inicial representa as melhores oportunidades de erradicação de populações ou EEIs, com melhor custo-benefício em relação ao controle em longo prazo. Essa estratégia funciona de forma complementar a medidas preventivas estabelecidas para impedir a introdução de espécies, ou a sua chegada a um novo ambiente. Quando a prevenção não é eficiente, a detecção precoce é a melhor alternativa de manejo, pois maximiza as oportunidades de erradicação da espécie ou do foco de invasão em questão. A estratégia da detecção precoce parte da formação de uma ampla rede de vigilância e monitoramento para a identificação de novos focos, que notifica as autoridades competentes. A partir desse momento, são colocadas em prática ações de resposta rápida para erradicar, sempre que possível, os focos de invasão. As ações são seguidas de monitoramento para verificação de resultados, podendo ser necessárias novas ações de controle até que a erradicação seja atingida. Essa abordagem implica evitar que esses focos de invasão biológica se tornem problemas de grande magnitude que passam a gerar custos contínuos, seja porque causam prejuízos econômicos, uma vez que, ao crescerem, exigem controle continuado, seja porque impactam a diversidade biológica e os serviços ecossistêmicos.

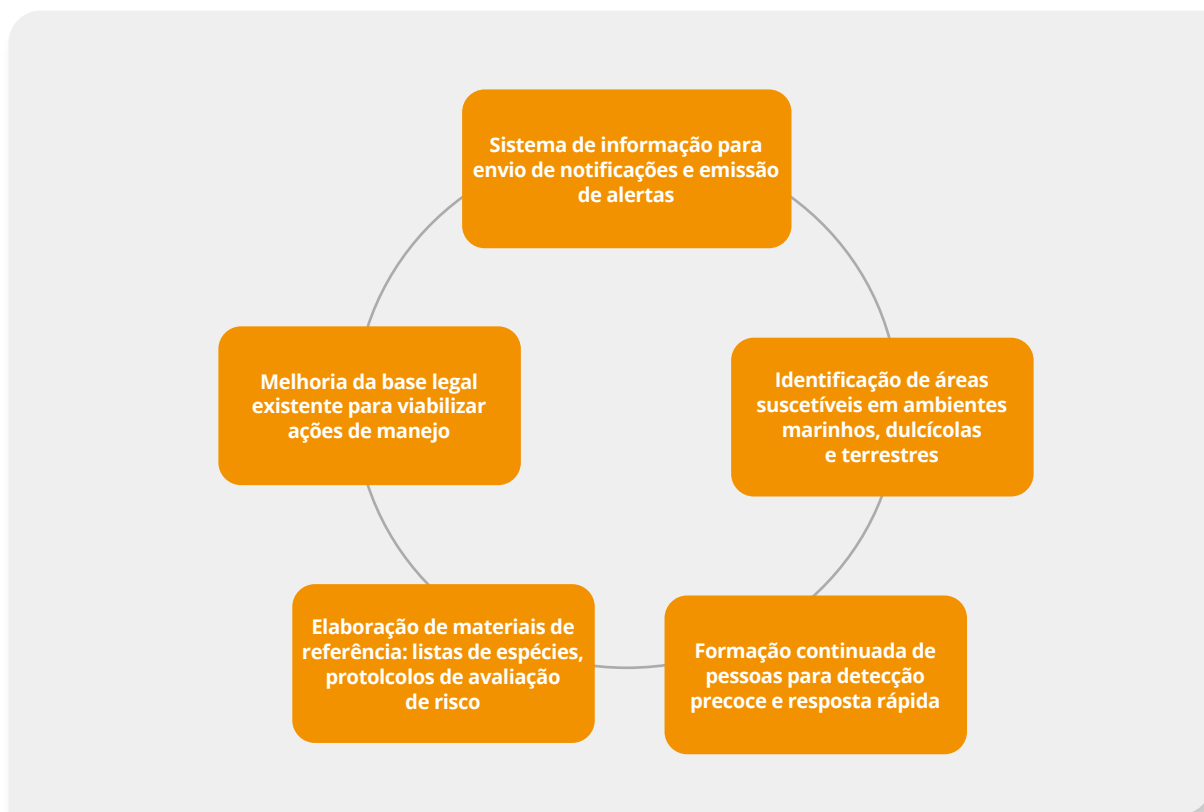
2.1 FASE DE PREPARO

A estruturação do processo de detecção precoce e resposta rápida requer um período de preparo (Figura 1) que envolve ações concretas essenciais para que os programas possam operar, como:

- estruturação e desenvolvimento de um sistema para o recebimento de notificações, emissão de alertas e registro das ações executadas;
- identificação de áreas prioritárias em função da suscetibilidade à chegada de propágulos ou da importância para a conservação da diversidade biológica e de serviços ecossistêmicos;
- análise de vias e vetores de introdução e dispersão de espécies exóticas;
- formação continuada de pessoas envolvidas nos diversos âmbitos do programa;
- construção de redes para colaboração com as ações em curso;
- análise de lacunas legais e consequente elaboração de base legal necessária para a realização de ações práticas;
- elaboração de instrumentos de apoio, como listas de EEIs;

- estabelecimento de programas de vigilância ou monitoramento, seja pela inclusão de EEIs como alvo de programas já existentes, pela criação de rotinas, seja pela participação de cidadãos interessados em realizar detecções ocasionais. Essa abordagem potencializa a capacidade de detecção de focos de invasão biológica e maximiza as oportunidades de erradicação antes que possam causar danos significativos ou dispersar-se amplamente;
- definição de mecanismos de financiamento para as ações a serem realizadas.

Figura 1 – Diagrama da fase de preparo de programas de detecção precoce e resposta rápida



Fonte: Compilação do autor

2.2 ETAPAS DO PROCESSO DE DETECÇÃO PRECOCE E RESPOSTA RÁPIDA

Nesta subseção apresentamos uma explicação detalhada sobre cada uma das etapas do processo, como subsídio à interpretação das distintas possibilidades e à tomada de decisão necessárias à aplicação do Protocolo de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida (Figura 2). Cada etapa está explicada de forma independente das demais, com vistas a facilitar a compreensão das pessoas responsáveis pela sua aplicação prática. Enquanto a primeira etapa do processo envolve o estabelecimento de ações de vigilância, monitoramento e estímulo à detecção ocasional, a aplicação do Protocolo tem início com o recebimento de uma notificação de ocorrência pelo órgão competente.

Na sequência, apresentamos o detalhamento para a interpretação do Protocolo a fim de embasar a tomada de decisão e guiar as ações de resposta rápida. Essa descrição está organizada em etapas, da seguinte forma e em acordo com o referido Protocolo:

- a) **Vigilância e monitoramento:** esta etapa é a chave para que a estratégia de detecção precoce e resposta rápida funcione. Pode partir de programas de monitoramento e vigilância já existentes ou estabelecidos para esse fim, levantamentos da fauna e da flora relacionados a atividades de pesquisa ou de licenciamento ambiental, assim como de detecção ocasional. Deve envolver setores diversos e especialistas em conservação ambiental, taxonomia e gestão de áreas naturais, assim como cidadãos interessados em contribuir com o PNADPRR através de detecções ocasionais. Uma rede é gradativamente construída para abranger o território de interesse, iniciando por áreas definidas como prioritárias e expandindo para melhorar o alcance e a efetividade das ações. Os riscos ao desenvolvimento desta etapa se referem à falta de investimento na gestão do Programa Nacional, pois a articulação, a comunicação constante e a busca de colaboradores são essenciais para que o trabalho seja efetivo.
- b) **Notificação:** esta etapa indica as informações essenciais para análise da ocorrência informada. Para que as pessoas envolvidas no monitoramento possam notificar o órgão competente, é preciso implementar um sistema de fácil acesso e utilização que permita o envio e o recebimento de informações de forma imediata para viabilizar a execução de ações de resposta rápida. Os riscos envolvidos nesta etapa dizem respeito à falha no desenvolvimento desse sistema e à falta de conhecimento de potenciais usuários que, após a detecção, não realizam a notificação. Para assegurar que esse contato funcione, a comunicação contínua com as redes estabelecidas é essencial.
- c) **Identificação e triagem:** abrange o processo de identificação e a avaliação de risco rápida. Esta etapa fundamenta toda a ação posterior, pois a identificação do táxon é imprescindível para a tomada de decisão seguinte, ou seja, se o Protocolo deve ser seguido ou encerrado, assim como para fundamentar as ações de resposta. Nem sempre será necessário identificar um táxon a nível específico, por exemplo se o gênero não ocorre no país e compreende EEIs, como *Oreochromis*, *Poecilia* ou *Xiphophorus*. Nesta fase, há risco de que o táxon não seja identificado, o que pode impedir a execução de ações subsequentes.
- d) **Alerta:** trata-se da emissão de aviso a instituições e pessoas interessadas que devem ser envolvidas nas ações de resposta. A partir deste momento tem início o processo de definição da resposta rápida à notificação do foco de invasão. Esta etapa inclui a mobilização de instituições e pessoas das redes vinculadas que devem receber o alerta para cooperar no processo de tomada de decisão e execução das ações. Há risco de que as instituições e pessoas não tenham condições de contribuir, por motivos diversos. Como cada nova tentativa de buscar apoio toma tempo e reduz a velocidade de resposta, a comunicação contínua é fundamental para que as ações de fato possam ser desencadeadas com rapidez.
- e) **Vistoria e erradicação imediata:** esta etapa se refere à vistoria em campo para obtenção de mais detalhes sobre o foco de invasão, incluindo orientação para a delimitação da invasão e a execução de ações de erradicação imediata, sempre que factível, e indicações para a avaliação de eficácia das ações de resposta. A vistoria é

importante para fundamentar o planejamento das ações de resposta e para evitar que qualquer oportunidade de realizar uma ação imediata, em situações de baixa complexidade, não seja perdida ou deixada para depois. Há risco de que o táxon não seja encontrado na vistoria de campo, o que pode impedir a execução de ações subsequentes.

- f) **Avaliação de risco:** explica as avaliações que fazem parte do Protocolo e quando realizar avaliação de risco completa. As avaliações de risco visam corroborar a necessidade de realizar intervenções de controle, partindo de uma versão simplificada que verifica a existência de histórico de invasão para o táxon, usado como preditor da capacidade de invasão, até uma avaliação completa que, demandando mais tempo e especialização, é realizada na falta de alternativas. Também são considerados a opinião de especialistas nesse processo e fatores complementares como histórico de invasão por outras espécies do gênero. Os riscos inerentes envolvem demoras no processo até identificar pessoa habilitada para conduzir avaliações de risco completas, assim como a possibilidade de avaliações resultarem inválidas por falta de dados sobre o táxon em questão.
- g) **Planos de resposta rápida:** esta etapa inclui a estrutura dos planos a serem elaborados e a análise de viabilidade de execução das ações, assim como a possibilidade de utilizar planos de contingência já existentes. Os planos devem ser objetivos, concisos e passíveis de elaboração rapidamente após a identificação do táxon e a análise da situação, contemplando materiais, ferramentas, pessoal, deslocamento e custos envolvidos. Aqui pode haver risco de demora para a elaboração do plano por falta de experiência ou conhecimento, assim como da estruturação de um plano inexequível. Nesse caso, será preciso revisar o plano e, possivelmente, buscar parcerias para sua execução, gerando risco de demora no processo.
- h) **Execução de ações de resposta:** provê orientação sobre métodos de controle utilizados para os distintos grupos biológicos. Uma vez aprovado o plano e comprovada sua viabilidade, a execução deve ocorrer no menor tempo possível. O maior risco envolvido é a possibilidade de haver condições perigosas para as pessoas responsáveis pela execução, em função da área de ocorrência ou de condições ambientais, o que deve ser considerado cuidadosamente no desenho de cada plano a fim de evitar a necessidade de retroceder para a etapa de planejamento.
- i) **Monitoramento e repasse:** contempla a necessidade de monitoramento e verificação de resultados após as ações de resposta, incluindo a avaliação de eficácia, nos moldes da etapa de vistoria e erradicação imediata. Esta etapa é essencial para assegurar a eficácia da estratégia de detecção precoce e resposta rápida, pois uma intervenção única costuma não ser suficiente para se chegar à erradicação de uma espécie. Quando isso se mostra possível, de modo geral o foco de invasão terá sido eliminado já na etapa da vistoria de campo. Os riscos inerentes a esta etapa estão na dificuldade de estabelecer processos de monitoramento em áreas isoladas ou onde não existem instituições ou pessoas que possam colaborar no processo, seja por falta de recursos, de interesse ou

de capacidade técnica. O risco de não manter um processo de monitoramento está em perder o investimento realizado no controle, pois, se o foco de invasão se mantiver ou se recuperar, volta-se ao estágio inicial.

Estão indicadas no Apêndice 2 diversas fontes de informação e contatos de especialistas para apoio ao longo do processo de detecção precoce e resposta rápida, incluindo listas estaduais de espécies.

2.2.1 Vigilância e monitoramento

A primeira etapa do Protocolo contempla o estabelecimento de programas de vigilância e de monitoramento, assim como a inclusão de EEIs como alvos em programas já existentes e a detecção ocasional. Essas são as estratégias de base para o funcionamento dos programas de detecção precoce e resposta rápida, essenciais para maximizar as oportunidades de identificar e eliminar focos iniciais de invasão. Ações de monitoramento costumam ser realizadas para espécies ou áreas específicas, por alguma questão ambiental em atividades de pesquisa, remediação, restauração ou ligadas a processos de licenciamento ambiental. Podem também ter foco em vias/vetores de introdução e dispersão de espécies exóticas com o objetivo de prevenir a expansão de processos de invasão biológica. Essa estratégia visa identificar a origem das fontes de propágulos para estancar o processo de invasão continuada através de medidas complementares de gestão e manejo.

Atividades de monitoramento são caracterizadas por uma série de observações, regulares ou não, ao longo do tempo, realizadas para mostrar o quanto se ajustam ou se desviam de um padrão esperado (McGeoch; Squires, 2015). São frequentemente realizadas por pesquisadores, inclusive a partir de levantamentos de fauna e flora, instituições públicas e não governamentais ligadas ao meio ambiente, podendo também ser realizadas pela sociedade civil, como controladores de javali, amantes da natureza, turistas e outros atores que contribuem no processo em função da natureza das atividades profissionais ou de lazer que executam. A formação de parcerias amplia a capacidade de monitoramento e as oportunidades de detecção de espécies exóticas na fase inicial de invasão, maximizando as chances de serem erradicadas.

Procedimentos de vigilância, por sua vez, são processos oficiais de registro de dados com base em levantamentos, monitoramento e outras ações. São dirigidos a situações mais específicas, por exemplo em áreas de risco particularmente alto de introdução de espécies e áreas onde a introdução, estabelecimento ou invasão são mais frequentes do que em outras, ou a espécies em particular que são reconhecidas como de alto risco. A vigilância ativa pode ser cara, porém gera identificação e dados confiáveis. Já a vigilância passiva depende de detecção ocasional e notificação por pessoas não diretamente envolvidas no processo (McGeoch; Squires, 2015).

O estabelecimento de programas de monitoramento e vigilância requer a definição da área de abrangência com base na suscetibilidade de ocorrência de uma espécie-alvo ou de EEIs em geral. Se houver uma espécie-alvo, os ambientes a serem observados podem ser melhor definidos, pois é preciso considerar a forma e o estágio de vida do táxon em questão; caso

negativo, é importante que os métodos escolhidos cubram a diversidade de microambientes existentes ao máximo possível. A periodicidade de observação é definida com base na biologia da espécie, caso haja uma espécie-alvo; não havendo, pode ser definida com base nas estações do ano ou no tempo mínimo de reprodução de espécies que podem ocorrer. Essa definição depende também de fatores externos, como recursos para deslocamento e disponibilidade de pessoal, devendo ser ajustada a cada situação.

O apoio de pessoas externas no âmbito da ciência cidadã, de profissionais que exercem atividades em locais de interesse, ou de voluntários convocados para ações coordenadas é uma alternativa importante a ser considerada. Para tanto, pode ser necessário produzir materiais de referência sobre espécies que podem ocorrer na região por tipo de ambiente.

A definição de métodos precisa ser realizada com base no contexto local, tanto em função da espécie e do ambiente, como pelos mesmos fatores externos já citados. O objetivo é sempre maximizar as oportunidades de detecção precoce e de erradicação dos focos iniciais de invasão biológica. Também é preciso definir a forma de notificação das ocorrências e o conteúdo mínimo a ser fornecido, assim como as pessoas responsáveis pelo recebimento das notificações e providências consequentes. A formação de pessoas envolvidas nas atividades, seja para o monitoramento apenas, seja preferencialmente também para ações de controle e erradicação, é fundamental para que sejam alcançados os resultados desejados.

A vigilância e o monitoramento ativos referem-se a atividades especificamente voltadas à detecção de EEIs, enquanto o monitoramento passivo implica a inclusão de observações sobre EEIs em atividades com outros objetivos. Adicionalmente, pode haver detecção ocasional, ou seja, independentemente de qualquer programa existente ou formalidade, pessoas interessadas podem observar a presença de espécies exóticas durante atividades diversas, inclusive de lazer.

Na sequência, estão indicadas técnicas tanto para vigilância quanto para monitoramento com fins de detecção precoce de EEIs, conforme os grupos biológicos tratados neste manual.

2.2.1.1 Tipos de vigilância e monitoramento

Vigilância e monitoramento passivos

A vigilância e o monitoramento passivos se caracterizam pela observação e posterior notificação de espécies exóticas com potencial invasor feitas em programas ou atividades que têm outro foco principal. Por exemplo, pessoas que realizam o acompanhamento de projetos de restauração ambiental podem reportar a ocorrência de espécies exóticas se tiverem informação acerca de quais espécies podem ocorrer na região. Da mesma forma, levantamentos realizados no âmbito de projetos de Pesquisa Ecológica de Longa Duração (PELD) podem informar a ocorrência de espécies exóticas, quando encontradas.

Para tanto, devem ser buscadas alianças com instituições de ensino, pesquisa e extensão rural, e programas já existentes em áreas naturais. No processo de estabelecimento de parcerias com programas de monitoramento que têm outros objetivos, é importante que

as pessoas envolvidas recebam formação em EEIs com probabilidade de ocorrência na região em questão, em técnicas e equipamentos a serem utilizados, assim como em um processo predefinido para informação de ocorrências detectadas. A produção de materiais informativos e de listas regionais de espécies, assim como o uso de listas estaduais oficiais, são importantes para subsidiar essas atividades.

A vigilância e o monitoramento passivos contemplam também a detecção ocasional, seja por parte de profissionais da área ambiental e afins, seja por cidadãos interessados na conservação ambiental e informados sobre como realizar uma notificação de ocorrência. Este modo é importante para não limitar a detecção a programas formais e permitir que a observação ocasional de EEIs também seja considerada, ampliando a capacidade do programa.

Vigilância e monitoramento ativos

Programas de vigilância e monitoramento ativos devem ser desenvolvidos para áreas definidas como relevantes no âmbito de programas de detecção precoce e resposta rápida. Eles são chave para a proteção da diversidade biológica no país em UCs, por exemplo. Em pontos de entrada no país, portos e aeroportos, a interceptação de bagagens e cargas é essencial para reduzir a pressão de introdução de espécies no país por vias ilegais e não intencionais. Nesses pontos onde a prevenção é chave, a vigilância precisa incluir a preocupação com a entrada de espécies que possam impactar a diversidade biológica. Áreas adjacentes a pontos de entrada também devem ser consideradas para detecção precoce quando houver possibilidade de escape ou soltura.

A avaliação de vias/vetores de introdução e dispersão de EEIs no contexto em questão é importante para fundamentar as estratégias de prevenção, detecção precoce, erradicação e controle necessárias, especialmente a fim de evitar esforços repetidos sobre focos de invasão recorrentes que continuamente se estabelecem a partir de fontes de propágulos localizadas fora da área sob manejo. O conhecimento das principais vias/vetores em áreas de fronteira, por exemplo, é chave para otimizar a vigilância e a inspeção de bagagens e cargas, seja em função das áreas de origem, cujas condições climáticas e ambientais favorecem o estabelecimento de espécies no país, seja em função de espécies que são frequentemente trazidas por passageiros ou que chegam como contaminantes em cargas e mercadorias (Essl *et al.*, 2015; Faulkner *et al.*, 2016). Em áreas naturais como UCs, a compreensão das vias/vetores de chegada de propágulos ou de indivíduos permite traçar estratégias de controle que incluam a área de origem, através tanto do uso de legislação vigente quanto de cooperação direta para estancar o processo de dispersão. De forma complementar, esse reconhecimento facilita a identificação de áreas de maior suscetibilidade à invasão ou ao estabelecimento inicial de novos focos, como trilhas, caminhos e estradas que cortam essas áreas, pontos de visita ou de atividades de lazer onde as pessoas deixam resíduos orgânicos ou entram com materiais contaminados, como sementes aderidas ao solado dos calçados de caminhada.

Em outras instâncias, como a vigilância de fronteiras, a seleção de mercadorias, bagagens e pessoas fundamentada numa análise de vias/vetores de introdução relevantes permite

otimizar os esforços de inspeção com base nas áreas de origem dos viajantes e produtos. Essa abordagem deve incluir o comércio via internet em função da facilidade de envio de sementes de plantas e outros propágulos que entram no país sem autorização do IBAMA.

Em se tratando de ambientes dulcícolas é reconhecido que reservatórios são ambientes propícios para o estabelecimento de espécies exóticas (Havel *et al.*, 2005; Johnson *et al.*, 2008; Pereira *et al.*, 2017), e a alta pressão de propágulos imposta por estações de piscicultura (presentes na modalidade de tanque-rede em reservatórios do Sul e Sudeste do Brasil) aumenta as chances de sucesso de invasão de espécies exóticas dulcícolas, de modo que esses locais requerem maior atenção em vigilância e monitoramento ativos.

2.2.1.2 Métodos de vigilância e monitoramento

Nesta subseção indicamos métodos e técnicas de monitoramento utilizados para os grupos biológicos contemplados neste manual.

Esses métodos foram compilados a partir de referências bibliográficas, experiência profissional e documentos recomendados pela CDB, sendo dirigidos a espécies nativas e exóticas de diversos grupos biológicos para fins de pesquisa científica, restauração de áreas degradadas e processos de licenciamento ambiental. Trata-se, portanto, de uma abordagem ampla sobre métodos em uso, sem indicação específica, pois a escolha do método mais adequado a cada situação depende de cada caso e de análise técnica específica. É importante também atentar para novas alternativas que possam surgir em função de novas tecnologias disponíveis e outras inovações.

Os métodos devem ser definidos especificamente para suprir os objetivos do programa de monitoramento ou vigilância, como, por exemplo, realizar inventários em campo visando a detecção precoce de EEIs. Os métodos devem ser claros e passíveis de repetição, portanto documentados em detalhes, guardados e acessíveis a quem quiser aplicá-los no mesmo ou em outros locais. A escolha de métodos deve também otimizar o custo-benefício e a eficácia de levantamentos de EEIs através da seleção de arranjos espaciais adequados, intensidade amostral e marcação de parcelas permanentes ao invés de aleatórias para áreas prioritárias (McGeoch; Squires, 2015).

Ressalta-se a relevância de estabelecer parcerias, acordos e cooperação com profissionais, especialistas e voluntários que possam ajudar a realizar ações de vigilância e monitoramento após a devida orientação, sempre que possível com apoio para deslocamento, equipamentos e materiais necessários para assegurar a qualidade dos dados coletados. Ainda que, para atividades de campo, a cooperação seja limitada em termos das instituições e profissionais que atuam em áreas próximas, o estabelecimento de redes mais amplas para apoio à identificação de espécies, por exemplo, é factível e desejável em nível nacional ou regional, desde que a gestão seja centralizada para a distribuição das demandas.

Para consultar amostragens de monitoramento de comunidades aquáticas, recomendamos o [Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras](#) (ANA; CETESB 2011), que contém informações úteis para campanhas de monitoramento.

Os métodos apresentados a seguir variam em função do ambiente e do grupo biológico de interesse. O monitoramento deve ser realizado, minimamente, a cada estação do ano ou, sempre que possível, a cada mês, para aumentar a possibilidade de detecção precoce e viabilizar a aplicação de resposta rápida.

Microrganismos de água doce

Para esse grupo biológico, o monitoramento do ambiente é imprescindível para detecção de novas espécies, controle e gerenciamento do problema. O pré-requisito para qualquer tentativa de controle está no conhecimento dos microrganismos presentes no local, identificando as espécies nativas e determinando a presença, distribuição e abundância de espécies introduzidas. Prevenir a chegada de espécies exóticas é considerada a opção de manejo de menor custo e maior eficiência. A fim de definir medidas preventivas, recomenda-se o monitoramento destes microrganismos aquáticos, pois a ausência de monitoramento periódico dificulta muito a detecção e avaliação do *status* das espécies presentes em uma dada área. Por isso o monitoramento constante é importante para a detecção precoce: quanto mais recente é detectada a chegada da espécie, isto é, quanto menor o número de indivíduos, maiores são as chances de erradicação e menores são os custos envolvidos. Apresentamos a seguir alguns exemplos para o monitoramento desses organismos.

Monitoramento de cianobactérias planctônicas

O monitoramento deve iniciar com avaliações da floração de cianobactérias planctônicas, verificando-se cor e odor do ambiente, ocorrência de natas e partículas na água, ocorrência ou não de mortandade de peixes, além de outras informações locais que podem ser importantes para a identificação de espécies. A mudança de coloração ou a formação de natas (acima de 10.000 células/mL) ([Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000](#)) já indicam a necessidade de monitoramento sistemático, especialmente porque as natas podem se dispersar ou se acumular em curtos períodos. Além disso, populações metalimnéticas ou bentônicas podem ser subestimadas. A frequência do monitoramento está relacionada ao tempo de divisão celular das cianobactérias. Apesar de se exigir, na [Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011](#), uma frequência mensal quando as concentrações estão abaixo de 10.000 células/mL, recomenda-se monitoramento quinzenal quando de uma primeira avaliação do ambiente. Monitoramento em períodos mais curtos pode ser necessário para avaliar tendências de florações já estabelecidas ou seu deslocamento vertical na coluna d'água em diferentes horários. A predominância de diferentes espécies de cianobactérias está relacionada às condições ecológicas e hidrológicas e ao manejo do local estudado.

Para realizar amostragens quantitativas, geralmente utilizam-se garrafas cilíndricas adaptadas com dispositivo de fechamento. Abertas e presas a um cabo graduado, elas são mergulhadas até a profundidade desejada, onde são fechadas automaticamente por meio de um peso (mensageiro) que aciona o dispositivo de fechamento. As garrafas mais comumente utilizadas são as do tipo Kemmerer, Niskin, Nansen e Van Dorn (Vieira *et al.*, 2020) e são usadas para amostragem composta da coluna d'água ou a diferentes profundidades devido à heterogeneidade vertical na distribuição das cianobactérias planctônicas. Amos-

tras de superfície podem ser coletadas com garrafas do tipo Van Dorn horizontal ou com baldes ou frascos de vidro (ANA; CETESB 2011).

A avaliação das características físicas (morfometria e ventos) e químicas (nutrientes) de determinado corpo d'água e de seu potencial para o desenvolvimento das florações é uma etapa importante do monitoramento. Deve-se realizar amostragens para a identificação das espécies de cianobactérias coletadas, assim como a análise da presença e da concentração de cianotoxinas na água. Informações adicionais podem ser obtidas no [Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para monitoramento e aspectos ambientais](#) (CETESB 2013).

Monitoramento de macroalgas bentônicas e perifíton

O desenvolvimento de algas (macroalgas e perifíton) é limitado pela luz. Algas ocorrem em rios, reservatórios e lagoas. O material utilizado para amostragem é em geral simples e barato, sendo comum o uso de cordas, estacas, régua ou trena, visores subaquáticos com fundo de vidro e molduras de diferentes formas geométricas (por exemplo, quadradas ou retangulares).

A seguir, são descritos dois protocolos para a coleta do perifíton utilizados pela Agência Ambiental dos Estados Unidos (Stevenson; Bahls, 2005). Mais detalhes podem ser obtidos no [Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos](#) (Filizola *et al.*, 2006).

Na amostragem multi-hábitat, as estimativas visuais ou avaliações baseadas em transectos quantitativos podem ser usadas para determinar a porcentagem de cobertura de cada tipo de substrato e a abundância relativa de algas filamentosas e diatomáceas. Algas devem ser coletadas em todos os substratos e habitats (por exemplo, áreas de correnteza, de remanso e margens). Em um só trecho de rio, a luz, a profundidade, o substrato e a velocidade da correnteza podem influenciar a composição de espécies de comunidades de perifíton. Pequenas quantidades (aproximadamente 5,0 mL de água contendo o substrato colonizado pelo perifíton) de subamostra de cada habitat são suficientes para a realização de análises de conteúdo. A coleta de macroalgas pode ser realizada manualmente em proporção à sua abundância relativa no trecho amostrado. As amostras devem ser colocadas em um recipiente inquebrável e de boca larga. Uma amostra de 125 mL é suficiente (Bahls, 1993). Deve-se então adicionar a quantidade de solução de Lugol (0,5%), fixador M3, formalina a 4% tamponada, glutaraldeído a 2% ou outro conservante (APHA 1995).

Na amostragem de habitat único, a área amostrada pode ser menor do que a área para a amostragem multi-hábitat. Por exemplo, podem ser amostradas apenas áreas de correnteza ou remanso. A recomendação de substrato/habitat é coletar pequenas rochas em áreas de correnteza, visto que o perifíton coloniza, cresce e fica aderido às rochas. Em rios onde as áreas de correnteza são escassas, as algas podem ser coletadas em locais de fluxo mais lento ou regiões de remanso. Três ou mais subamostras devem ser coletadas da mesma combinação de substrato/habitat. As amostras devem ser transportadas ao laboratório em caixa de isopor ou *cooler* com gelo e armazenadas no escuro até que sejam processadas.

Invertebrados dulcícolas

Monitoramento de cnidários

Existe, ainda, pouco conhecimento sobre a biologia e ecologia das espécies de cnidários límnicos, os quais são muitas vezes desconsiderados em ações de monitoramento, prevenção e controle. A detecção desses organismos é realizada por análises de e-DNA ou DNA ambiental, desenvolvendo-se marcadores moleculares para aplicação de ensaios de PCR em tempo real (RT-PCR). O cnidário *Cordylophora caspia* (Cnidaria) em amostras de água foi detectado dessa forma (Agostinis, 2016). O método se baseia na coleta de amostras ambientais onde o material genético dos organismos se deposita, além do uso de um marcador molecular aplicado a uma técnica de biologia molecular para o diagnóstico de presença da espécie. Esse método permite uma detecção mais precisa e um resultado mais rápido do que outros métodos tradicionalmente empregados, como a coleta de indivíduos.

Monitoramento de moluscos

Mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) e outros moluscos bivalves

No [Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Mexilhão-dourado no Brasil \(*Limnoperna fortunei*\)](#) (IBAMA 2020) consta, inicialmente, um diagnóstico com informações compiladas sobre a biologia e a ecologia do mexilhão-dourado, o processo de invasão, impactos, medidas de prevenção; depois, métodos de erradicação, controle populacional e monitoramento. Como a espécie tem um grande potencial de invasão e já se encontra presente em várias bacias hidrográficas brasileiras, é imprescindível o monitoramento para detecção precoce em áreas onde ainda não existem registros, mas com condições limnológicas favoráveis.

Diferentes métodos podem ser empregados para monitoramento e detecção do mexilhão-dourado e outros moluscos de água doce:

- análise qualitativa de larvas (PCR): o mexilhão-dourado e moluscos análogos iniciam seu desenvolvimento com larvas do tipo véliger. Para esses organismos, a detecção precoce é importante porque essas larvas podem sobreviver ao transporte de água, no lastro de navios ou em reservatórios (cisternas e viveiros) de pequenas embarcações, potencializando o sucesso de invasões biológicas. Esse método, sendo qualitativo, permite apenas avaliar a presença de larvas, não sendo possível determinar a densidade populacional, mas é muito útil para a detecção de presença em áreas onde a população é incipiente ou se encontra em fase de repouso. Para outros detalhes, consultar o livro organizado por [Mansur *et al.* \(2012\)](#). Esse método tem como base procedimentos simples de biologia molecular (Tschá *et al.*, 2012);
- análise quantitativa de larvas – estereomicroscopia óptica com luz polarizada: este método tem como base um fenômeno provocado na luz (chamado birrefringência) que, devido ao formato da concha larvar, permite visualizar os organismos ao estereomicroscópio por meio da incidência de luz polarizada e destaca as larvas sobre um fundo preto, mesmo em amostras ricas em material suspenso (Silva *et al.*, 2016);

- análise quantitativa de larvas – PCR em tempo real: o método quantitativo de detecção de larvas no plâncton usando a reação em cadeia da polimerase quantitativa em tempo real (qPCR) é extremamente sensível (Endo; Nogata, 2012) e requer aparatos um pouco mais sofisticados, o que encarece seu uso quando comparado ao método qualitativo molecular e ao método quantitativo por microscopia óptica. É muito eficaz para a confirmação da ocorrência de novos registros em áreas com baixa densidade de larvas ou na ausência de técnicos treinados para reconhecer os estágios larvais do mexilhão-dourado e outros moluscos bivalves;
- análise quantitativa de larvas – análise automatizada de partículas: uma amostra é deslocada por um fluxo gerado por uma bomba de sucção que está acoplada a um microscópio, e este a um computador que usa um programa de captação de imagens para explorar automaticamente toda a amostra em busca de partículas de interesse, como larvas de mexilhão-dourado e outros moluscos bivalves (Silva *et al.*, 2016); e
- análise por DNA Ambiental: uma metodologia para detecção do mexilhão-dourado em amostras de DNA ambiental de plâncton foi desenvolvida e validada em amostras de um reservatório no Sul do Brasil (Ribolli *et al.*, 2021). Recomenda-se consultar o [Guia Prático](#) para monitoramento da invasão de mexilhão-dourado e outros moluscos bivalves em bacias hidrográficas.

Moluscos límnicos, invasores bentônicos e macroinvertebrados associados

A amostragem em rios deve ser suficientemente abrangente para representar área de interesse. De modo geral, a amostragem deve cobrir um trecho de 100 m de extensão, sendo 50 m a jusante e 50 m a montante. Em rios de pouca profundidade ou em riachos, a pessoa responsável pela coleta deve se posicionar na região central do leito do curso d'água. Em lagoas, a coleta é realizada em zonas litorâneas (margens) e pelágica (central). Em reservatórios, a coleta é realizada em braços e na região central, em áreas próximas ao vertedouro, na região mais profunda, ou em pontos distribuídos ao longo do canal principal e próximo à foz de rios afluentes (ANA; CETESB 2011).

Em ambientes lóticos, podem ser usados os equipamentos Surber, Hess e puçá. A pessoa responsável pela coleta deve se posicionar contra a correnteza para que o sedimento seja carregado para dentro da rede coletora. O material retido na rede deve ser retirado e armazenado num balde. Ainda em campo, o material biológico deve ser fixado com álcool etílico 70% ou formalina 10%. Em laboratório, o fixador (álcool ou formalina) utilizado em campo deve ser substituído e o material ser armazenado em potes de tamanho adequado. Para ambientes lênticos, como rios de grande porte e reservatórios, utilizam-se dragas, como a draga de Eckman-Birge, de Petersen ou de Petit-Ponar. O sedimento coletado por tais equipamentos costuma ser lodoso (dragas de Eckman-Birge e de Petersen) ou arenoso (draga de Petit-Ponar), podendo estar compactado. Portanto, o equipamento a ser utilizado depende do desenho amostral e das características do ambiente (Filizola *et al.*, 2006).

Em rios, reservatórios e lagoas com grande profundidade e de difícil acesso, podem ser utilizados substratos artificiais. Trata-se de cestos de material não biodegradável preenchidos com substrato natural originário do próprio local (como pequenas rochas ou

folhas de macrófitas). Há três tipos principais de substrato artificial: saco de náilon com material natural (rochas, troncos ou folhas), múltiplas lâminas e cestos de espera. Em todos os casos, os cestos são submersos por pesos colocados no fundo e amarrados com cordas que ficam presas às margens, ou amarra-se o substrato artificial com cordas com pesos no fundo, para fixação do coletor. O material é deixado por um tempo no ambiente e retirado periodicamente para verificação da fauna colonizadora. Essas definições de tempo e periodicidade dependem do grupo biológico estudado, da fase de desenvolvimento do organismo que se pretende amostrar e do ambiente em si. Este método permite acompanhar a evolução da colonização por parte da biota aquática em diferentes estágios de sucessão. Para o mexilhão-dourado, por exemplo, o método consiste em suspender os substratos na coluna d'água e acompanhar a colonização de recrutas, mensalmente, e de adultos a cada 3 ou 4 meses. Os métodos com base em substratos artificiais encontram-se detalhadamente descritos em Mansur *et al.* (2012).

Em campo, o material deve ser acondicionado em sacos plásticos, conservado com água do próprio local e fixado em álcool etílico a 70% ou solução de formalina a 10%. O material é então transportado ao laboratório para triagem e identificação.

Os macroinvertebrados bentônicos são animais que habitam o leito de rios e o fundo de lagoas e reservatórios, podendo ser sésseis ou não. O monitoramento desse grupo requer materiais simples e baratos. Para mais detalhamento, consultar o [Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos](#) (Filizola *et al.*, 2006). Diferentes equipamentos e métodos de amostragem da fauna bentônica e, em especial, da malacofauna límnică foram desenvolvidos para situações específicas encontradas em diversos ambientes e micro-habitats. O detalhamento desses métodos de amostragem está disponível na publicação [Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, preservação e controle](#) (Mansur *et al.*, 2012). Assim sendo, os tipos de amostradores e técnicas de coleta aplicadas para o monitoramento de moluscos bentônicos e macroinvertebrados variam de acordo com as características do ambiente e do grupo taxonômico que se pretende avaliar. No caso de grupos taxonômicos específicos, a técnica de coleta, fixação e conservação também são específicas e evitam a contração e a perda da forma do corpo ou de porções anatômicas (Mugnai *et al.*, 2010).

Vertebrados dulcícolas

Em Silveira *et al.* (2010) são apresentadas diferentes técnicas e métodos de amostragem e estudos de caso com répteis, anfíbios e peixes. São discutidos problemas como variabilidade temporal e métodos para detecção. Ressalta-se que o monitoramento deve considerar diferentes metodologias além das que constam neste manual para que os objetivos sejam plenamente alcançados e para que seja feita atualização ao longo do tempo.

Monitoramento de peixes

Os peixes representam o grupo de maior diversidade de vertebrados, com grande número de espécies habitando os mais diferentes ambientes de água doce. Além disso, algumas espécies, em diferentes fases do ciclo de vida, ocupam diferentes tipos de habitat. Essa diversidade de espécies e habitats implica a necessidade de diferentes métodos de amostragem para o monitoramento (Alves *et al.*, 2021).

Observação direta subaquática

A observação direta de peixes é permitida em ambientes de baixa turbidez da água, ou seja, onde a transparência é suficiente para a observação direta. Alguns rios, reservatórios e lagoas brasileiros são adequados para a aplicação dessa técnica de monitoramento. A técnica do mergulho livre é o modo menos dispendioso de se observar peixes no ambiente natural, uma vez que a pessoa apenas flutua enquanto anota as informações desejadas (Uieda; Castro, 1999). Para isso, é necessário o uso de máscara semifacial, snorkel, cinto de lastro, roupa isotérmica de Neoprene e nadadeiras, sendo estas dispensáveis em ambientes rasos e de maior correnteza. As anotações são realizadas com um lápis e uma placa de PVC branco.

Captura de ictioplâncton

O ictioplâncton compreende as formas iniciais de vida dos peixes, ou seja, são ovos e larvas. Metodologias de captura e análise de ictioplâncton têm sido usadas para detectar a presença de EEIs de peixes em rios e reservatórios brasileiros (Almeida *et al.*, 2017). O levantamento e o monitoramento de ictioplâncton em rios e reservatórios brasileiros têm sido importantes para estudos sobre sistemática, avaliação de populações, biologia, ecologia e conservação (Bialetzki *et al.*, 2016). Além disso, permite a detecção precoce de EEIs de peixes nas fases iniciais de vida através da observação de ovos e larvas (Almeida *et al.*, 2017).

O método de captura de ictioplâncton varia de acordo com as características do local de amostragem. Em ambientes lênticos ou semilóticos é realizada a captura ativa, enquanto em ambientes lóticos é realizada a captura passiva (Nakatani *et al.*, 2001).

Na modalidade de captura ativa são utilizadas redes de ictioplâncton com formato cônico ou cilíndrico-cônico, com malhas que variam de 300 a 500 micras, juntamente com um fluxômetro acoplado na boca da rede para a aferição do volume de água filtrada. O valor do volume é utilizado para o cálculo de densidade de ovos e larvas capturados durante a amostragem. As redes de ictioplâncton são então arrastadas na subsuperfície da água ou no meio da coluna por uma embarcação em velocidade baixa e constante durante 10 minutos (ou qualquer tempo padronizado). A amostragem de ictioplâncton também pode ser feita no fundo de rios. Nesse caso, é utilizado um suporte de ferro, chamado de trenó, para manter a rede estendida junto ao substrato (Cruz *et al.*, 2016).

Na captura passiva, as redes são dispostas na subsuperfície, transversalmente ao fluxo do rio. Para isso, uma corda é amarrada de uma margem à outra e as redes ficam submersas por um tempo padronizado (10 minutos por amostragem). Recomenda-se que as capturas de ictioplâncton sejam realizadas mensalmente, durante os períodos diurno (das 6h às 9h) e noturno (das 18h às 21h).

Larvas de peixes também podem ser amostradas com o uso de redes de arrasto e peneiras, desde que a malha da rede permita a captura do material de interesse. As malhas podem ser de 0,5 mm entre nós adjacentes, por exemplo. As redes de arrasto e as peneiras são colocadas por baixo de vegetação aquática (quando presentes no local de amostra-

gem) e, logo em seguida, são erguidas rapidamente. Em seguida, as larvas são separadas manualmente do material vegetal, ao menos de forma grosseira, para reduzir o volume de material levado ao laboratório.

Após a captura de ovos e larvas, uma solução de eugenol (50 mg/L) deve ser adicionada em cada amostra para a anestesia dos organismos. Em seguida, é acrescentada uma solução de formalina a 4%, tamponada com carbonato de cálcio (CaCO_3) para evitar a descalcificação do material. Caso os ovos e as larvas sejam destinados à análise e identificação genética, o material deve ser fixado e conservado em álcool etílico absoluto 99,5% PA. Em seguida, o material é levado ao laboratório para ser triado, ou seja, para ser feita a separação dos ovos e das larvas de outros materiais, como partes vegetais, outros organismos, detritos e sedimentos (Nakatani *et al.*, 2001; Orsi *et al.*, 2016).

Captura de peixes juvenis e adultos

As artes de pesca utilizadas para a captura de peixes juvenis e adultos são variadas, sendo que para cada tipo de ambiente existe uma metodologia de captura mais adequada (Uieda; Castro, 1999). A captura passiva consiste na captura de peixes com o uso de apetrechos que são movidos ativamente por pessoas ou por máquinas, compreendendo redes de espera e armadilhas. As redes de espera são redes de “pano” simples (um único tipo de malha) de tamanhos (comprimento e altura) e malhas variáveis, com boias na parte superior e chumbo na parte inferior. Sua utilização é restrita a locais com pouca ou nenhuma correnteza, como reservatórios, áreas marginais de rios e de reservatórios e riachos de planície. Vale destacar que as redes de espera são seletivas quanto ao tamanho do peixe a ser capturado, sendo importante ajustar o tamanho da malha ao objetivo da coleta. Em ambientes com águas claras, alguns peixes têm visão acurada, sendo necessário o uso de redes confeccionadas com monofilamento fino, flexível e translúcido de náilon (Uieda; Castro, 1999) para melhorar a eficácia da coleta.

As armadilhas capturam peixes que entram por um ou mais funis ou aberturas em ‘V’ numa área fechada e não conseguem sair. Existem diferentes formatos (por exemplo, cilíndricos, retangulares) e materiais (acrílico, arame, malha) de covos, sendo necessários covos maiores para captura de peixes maiores, feitos com material de maior durabilidade, como acrílico e arame. Também há modelos de covo em formato de guarda-chuva, que economizam espaço durante o transporte. Independentemente do tipo escolhido, a técnica de aplicação é a mesma. O covo deve ser instalado junto ao fundo com a boca voltada para jusante, zonas marginais ou locais de passagem de peixes. As iscas utilizadas para atrair peixes até a armadilha também podem variar, sendo recomendado o uso de iscas (por exemplo, quirela, ração, miolo de pão, salsicha, carne) que atraíam a maior diversidade de peixes.

A captura ativa de peixes é realizada peneirando-os da água com o uso de uma malha. Nesta modalidade estão incluídas redes de arrasto, tarrafas, peneiras e puçás. As redes de arrasto apresentam diversos tamanhos e malhas e são utilizadas em locais com pouca ou nenhuma correnteza, livres de obstruções, saliências, rochas, troncos e galhos. As tarrafas também podem ser usadas em locais livres de obstrução. O uso de tarrafa exige habilidade para aplicação, porém constitui um instrumento útil e prático para a amostragem de peixes.

As redes de mão, como peneiras e puçás de diferentes formatos e malhas, são úteis e práticas para a captura de peixes em zonas marginais de rios, reservatórios, lagoas e riachos. A peneira ou puçá é introduzida sob a vegetação marginal e levantada rapidamente. Com a técnica de mergulho livre, puçás de pequenos tamanhos e pouco visíveis por peixes são recomendados para a captura de peixes em riachos (Casatti, 1996).

O uso de anzol e linha para captura de peixes é uma técnica bastante seletiva, mas pode ser útil em algumas situações, como no caso de captura de bagres (siluriformes), dificilmente pegos com outra técnica. A pesca com anzol e linha pode ser realizada em qualquer tipo de ambiente aquático, sendo vantajosa onde outros métodos de captura não são aplicáveis. O tamanho do anzol e a isca precisam ser adequados às espécies e ao tamanho dos peixes que se espera capturar.

A pesca elétrica passa uma corrente elétrica entre dois eletrodos submersos para criar campos elétricos na água (Uieda; Castro, 1999; Alves *et al.*, 2021). Entre as principais vantagens da pesca elétrica estão a baixa seletividade e a possibilidade de amostragem não destrutiva, como ocorre na captura com redes de espera e anzóis (Alves *et al.*, 2021). As reações nos peixes variam de acordo com a intensidade e o tipo de corrente elétrica utilizada, podendo causar paralisia, deslocamento em direção ao cátodo ou ânodo, ou a morte. A pesca elétrica requer o uso de equipamento mais especializado e muito cuidado no manuseio, devido ao risco de eletrocussão acidental. Esse método de captura não é muito utilizado no Brasil devido ao custo relativamente alto, dificuldade de manuseio (como transporte de gerador para locais de amostragem de difícil acesso) e risco de choque elétrico. Para fazer uso desse equipamento, é preciso respeitar os protocolos de segurança, que incluem o uso de macacão de borracha ou de Neoprene e luvas isolantes. Exige ainda a presença de uma pessoa na margem para a eventual necessidade de desligar o gerador em caso de algum problema.

Uma vez capturados, por razões humanitárias os juvenis e peixes adultos devem ser anestesiados e eutanasiados (com o uso de benzocaína, eugenol ou óleo de cravo-da-índia, mentol, ou outro anestésico; detalhes em Lucena *et al.* (2013)). Devem ser então fixados em solução de formalina 10% (nove partes de água para uma de formol comercial). A fixação de peixes de pequeno (até 20 cm de comprimento total) e médio porte (20 a 40 cm) é feita por afogamento em formalina 10%, onde devem ser mantidos por pelo menos 48 horas. Deve-se injetar a solução de formalina, imediatamente após o óbito, nas cavidades abdominais e na musculatura de peixes com mais de 20 cm de comprimento. Após a fixação, os peixes podem ser mantidos na mesma solução de formalina ou transferidos para uma solução de álcool 70% (Uieda; Castro, 1999).

A coleta de amostras de tecidos corporais de peixes (pedaços de nadadeiras ou musculatura) pode ser realizada para análises de dados moleculares e identificação de espécies. Para isso, o material biológico fresco (antes da fixação por formalina) deve ser retirado com o uso de tesoura e pinça e armazenado em frasco com álcool etílico absoluto 99,5% PA para posterior análise em laboratório.

Monitoramento de anfíbios e quelônios

A maioria dos anfíbios demanda rotinas de observação crepuscular/noturna e conhecimento especializado para localização de indivíduos e reconhecimento pela vocalização. O mesmo se aplica aos quelônios, ainda que observações diurnas sejam mais factíveis com base nas áreas de descanso e reprodução. Assim, estabelecer parcerias com instituições de ensino e pesquisa que possam contribuir com levantamentos de espécies e verificações periódicas tende a ser a melhor alternativa. Os métodos de detecção podem ser auditivos e visuais. As práticas de observação devem ser executadas especialmente nos períodos mais quentes do ano, a depender da região do Brasil onde for aplicada. O monitoramento sistemático deve incluir a observação e a coleta de ovos, para dar ideia da distribuição da espécie e do tamanho populacional (Silveira *et al.*, 2010).

Censo acústico

O censo acústico consiste na visita a potenciais áreas de reprodução de anfíbios, como poças, lagoas, córregos, açudes e banhados, para o registro de espécies em vocalização. Tais visitas devem ser realizadas durante o período crepuscular/noturno (entre 17h e 23h). A procura deve ser feita lentamente e a pé, para encontrar e identificar as espécies de anfíbios anuros, a partir do registro de vocalizações (com o uso de gravador portátil). A procura deve ser iniciada no período crepuscular, com lanternas, pois os olhos dos anfíbios podem ser vistos brilhando na superfície da água, e encerrada ao final das vocalizações. As espécies encontradas devem ser identificadas e fotografadas, quando possível (Silva *et al.*, 2008).

Busca ativa

Para quelônios, é realizada a busca ativa durante o dia, sendo realizada a vistoria do maior número possível de ambientes que possam ser habitados pelo grupo para descanso ou reprodução (sobre troncos e rochas, dentro de tocas, às margens de ambientes aquáticos).

Monitoramento de macrófitas aquáticas

Embora os métodos apresentados abaixo sejam apropriados para o monitoramento de macrófitas aquáticas, outros organismos associados podem ser observados ou coletados juntamente com macrófitas nas amostras. Um aprofundamento detalhado sobre métodos de monitoramento pode ser consultado em [Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros](#) (Pompêo, 2008, 2017).

Fotoquadrados

Este método somente é viável em ambientes onde a transparência da água permite a observação de macrófitas submersas que enraízam no substrato. Para tirar fotografias do substrato, deve-se usar uma câmera digital acoplada a uma estrutura quadrada de PVC ou madeira com área de 1 m². Recomenda-se a captura de cinco imagens utilizando fotoquadrados, de forma aleatória, em um transecto horizontal de 10 m do substrato consolidado. As imagens devem ser analisadas em laboratório no programa Coral Point Count with Excel extensions (CPCe) 4.1 (Kohler; Gill, 2006). Nas imagens são randomizados 50 pontos para identificar os organismos presentes e estimar a porcentagem de cobertura das espécies

em cada quadrado. A frequência e a época do ano precisam ser ajustadas de acordo com o grupo biológico ou mesmo à espécie, podendo ser quinzenal, mensal, bimestral, semestral, ou de acordo com o ciclo hidrológico. O tipo de estrutura e equipamento também pode variar conforme a disponibilidade.

Coleta

A coleta pode ser realizada no fundo de rios, riachos, reservatórios e lagoas. As macrófitas podem ser amostradas com o uso de um puçá de formato quadrado com rede de 0,25 mm de malha e 0,09 m² de área total. O puçá deve ser inserido sob o banco de macrófitas e levantado. Além disso, a amostragem também pode ser feita com o uso de um quadrado vazado (quadrado de madeira) com área total de 0,225 m², que deve ser inserido sobre o banco de macrófitas e levantado, removendo-se tanto a parte emersa quanto a submersa, incluindo raízes (Fulan, 2009). Esse tipo de coleta deve ser realizado com o auxílio de um facão ou tesoura de poda para facilitar o procedimento, ou seja, para destacar as raízes do substrato. O material coletado deve ser acondicionado em sacos plásticos com informações sobre o local, a data e o nome do coletor, e então transportado ao laboratório para triagem e identificação.

A coleta de macrófitas submersas pode ser feita manualmente por mergulhadores, desde que a turbidez da água não impeça a visualização. Em locais rasos, com menos de 2 m de profundidade, pode ser utilizado o quadrado vazado colocado sobre a vegetação submersa. Ainda, dragas semelhantes às usadas para amostragem de fauna bentônica podem ser utilizadas na amostragem de macrófitas submersas, a depender de fatores como a complexidade estrutural da planta (Thomaz *et al.*, 2004).

Outro método, também destrutivo, porém em menor proporção, é fazer a coleta de pequenas quantidades das macrófitas presentes nos locais de amostragem, com posterior identificação e registro em laboratório (Pompêo, 2017).

DNA Ambiental

Avanços na tecnologia de sequenciamento de DNA têm permitido uma nova forma de monitoramento de ambientes aquáticos. Todos os seres vivos contêm DNA e deixam vestígios no ambiente (Kelly *et al.*, 2014), na forma de pedaços de pele, muco, saliva, espermatozoides, secreções, ovos, sangue, urina etc. (Bohmann *et al.*, 2014). Sendo assim, amostras de material genético estão presentes no meio aquático e são coletadas através de técnicas de biologia molecular. O material permite a identificação das espécies presentes, inclusive de EEIs. Essas técnicas facilitam a realização de atividades de monitoramento, especialmente à medida que aumentar o banco de referências de DNA.

2.3 INTERPRETAÇÃO DO PROTOCOLO

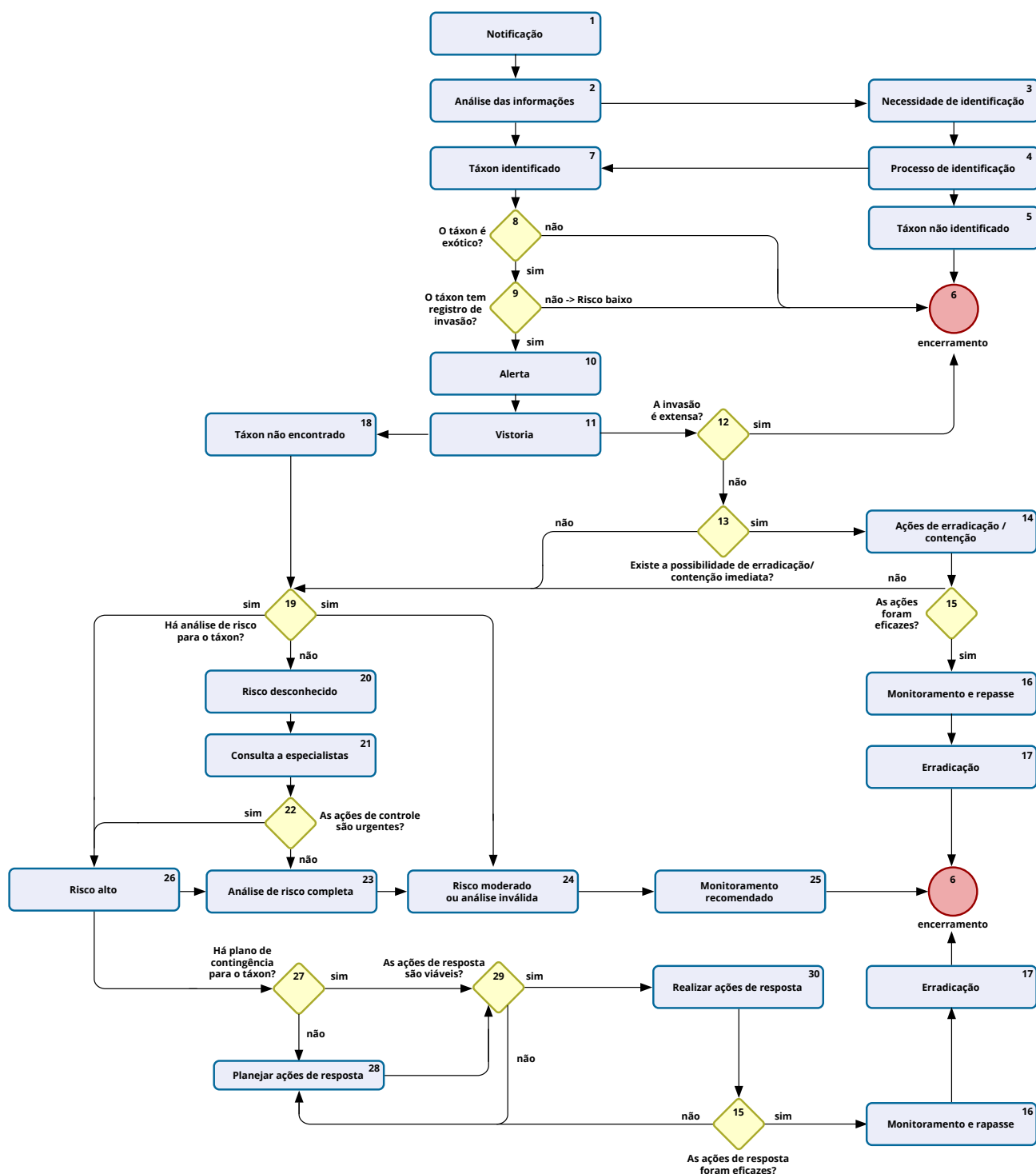
Nesta subseção apresentamos o detalhamento das etapas previstas na estratégia de detecção precoce e resposta rápida. As fases anteriores à emissão de notificações às autoridades competentes, que envolvem o planejamento e a estruturação de programas de detecção precoce e resposta rápida, assim como o estabelecimento de programas e parcerias para monitoramento e vigilância, não estão representadas no fluxograma que descreve a sequência de etapas de detecção precoce e resposta rápida (Figura 2). O processo executivo tem início, portanto, com o recebimento de notificações sobre a ocorrência de espécies, que desencadeiam as ações de análise e resposta.

A Figura 2, referente ao Protocolo de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida, guia o processo de tomada de decisão e execução de ações de resposta rápida. As etapas do Protocolo, identificadas na figura por uma numeração, são explicadas abaixo em detalhes. Elas estão indicadas pela letra P, referente a “protocolo”, junto com o número do quadro correspondente (P1, P2 etc.). É importante ressaltar que a numeração das etapas marcada nos quadros do Protocolo não é sequencial, pois ao longo do processo há diferentes caminhos a serem seguidos, conforme a situação e as decisões tomadas. A numeração tem por objetivo apenas referenciar as explicações providas na descrição a seguir. Quando as etapas do Protocolo são equivalentes (por exemplo, etapa 6 = encerramento), elas recebem a mesma numeração e são explicadas uma única vez na sequência do texto, apesar de estarem presentes mais de uma vez no Protocolo, compreendendo, portanto, as diversas possibilidades conforme o caminho seguido no processo de tomada de decisão. A fim de facilitar a compreensão do processo, a seguir são explicadas as etapas do Protocolo que caracterizam as alternativas possíveis.

2.3.1 Notificação

A notificação configura a primeira etapa do Protocolo de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida (Figura 2). Uma possibilidade é utilizar o SIMAF, gerenciado pelo IBAMA (<https://simaf.ibama.gov.br/>), para envio de registros ao órgão ambiental federal. Trata-se de um sistema digital que foi ampliado no ano de 2021 para receber registros de ocorrência de EEIs, iniciando com o javali (*Sus scrofa*), o cervo-axis (*Axis axis*), o coral-sol (*Tubastraea spp.*) e o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), assim como outras ocorrentes no país.

Figura 2 – Protocolo de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida para Espécies Exóticas Invasoras (a numeração não é sequencial porque as alternativas do Protocolo não são lineares; as caixas com o mesmo número indicam etapas equivalentes que podem ocorrer em diferentes momentos)



Fonte: Compilação do autor

P1 – Notificação. Indica a comunicação da detecção de um táxon e/ou foco de invasão biológica ao órgão competente ou ponto focal designado pelos meios digitais disponíveis. Quanto mais completo e detalhado o preenchimento do formulário de envio de informações pela pessoa que fez a observação em campo, mais fácil será a tomada de decisão pelas pessoas ou equipes responsáveis pela execução da resposta rápida. A indicação da localização exata do foco de invasão, preferencialmente através de fotografias e/ou coordenadas geográficas, é fundamental para que o foco de invasão possa ser encontrado nas etapas posteriores para a execução de ações de controle. Igualmente, a indicação da espécie ou outro nível taxonômico, assim como o nome popular, quando conhecido, facilitam a identificação e agilizam o processo de tomada de decisão e a execução de ações de resposta. Os campos de informação considerados essenciais estão indicados na Tabela 1, mas quando houver outros dados é importante que sejam enviados também. Segue-se para **P2**.

2.3.2 Identificação e triagem

Esta etapa se refere aos quadros 2 a 9 do Protocolo (Figura 2). A notificação enviada ao órgão competente ou ponto focal designado é analisada, inicialmente para identificar o táxon detectado. A identificação é fundamental para a tomada de decisão nas etapas subsequentes. Ainda que a identificação a nível específico nem sempre seja necessária, especialmente no caso de gêneros ou famílias que não ocorrem naturalmente no país, ela deve ao menos assegurar que não haja confusão com espécies nativas. É importante que contenha as informações necessárias para que se dê prosseguimento à identificação da espécie exótica detectada, caso não tenha sido identificada no momento da observação em campo, como fotografias, assim como a localização e a descrição do local para embasar a vistoria de campo (**P11**). Caso a notificação já contenha a identificação, o processo é mais ágil; caso negativo, é preciso realizar uma etapa de identificação. A identificação correta do organismo detectado é imprescindível, visto que algumas espécies exóticas podem ser parecidas com espécies nativas e podem ser confundidas na hora da resposta rápida.

P2 – Análise das informações recebidas na notificação. O principal objetivo nesta etapa é verificar se a notificação inclui a identificação do táxon, dados suficientes sobre o local da ocorrência, a localização do foco de invasão e dados sobre o observador. O resultado da análise leva a dois caminhos no Protocolo, que vai depender se o táxon está ou não identificado. Se o táxon não foi identificado, segue-se para **P3**; se foi identificado, segue-se para **P7**.

P3 – Necessidade de identificação. Ocorre quando o resultado da análise das informações recebidas na notificação não inclui a identificação do táxon, ou a identificação não parece correta, ou há incerteza. Pode não haver imagens, ou as imagens e informações recebidas não permitem que o táxon seja identificado diretamente, ou uma verificação em campo é necessária para a complementação das informações recebidas. Depois, seguir para **P4**.

2.3.2.1 Processo de identificação

Caso a espécie possivelmente exótica não tenha sido identificada no momento da detecção pelo observador, nesta etapa procura-se realizar a identificação, solicitando o auxílio de taxonomistas que sejam especialistas no grupo de organismos em questão.

Tabela 1 – Campos recomendados para o registro de notificações de ocorrência de espécies exóticas

DADOS PARA ENVIO DE NOTIFICAÇÃO AO ÓRGÃO COMPETENTE	
Nome do campo	Tipo de campo / orientação de preenchimento
Nome do observador	Obrigatório
Profissão	Obrigatório
Telefone	Obrigatório; Incluir DDD
Correio eletrônico	Opcional
Data da observação	Obrigatório
Hora da observação	Obrigatório
Ambiente	Obrigatório; Lago, lagoa, açude, represa, reservatório, rio, riacho, ribeirão, córrego, arroio, banhado, brejo, floresta alagada, vereda, várzea, turfa.
Organismo observado	Opcional: Microrganismos: alga, cianobactéria, protozoário; Macrófita aquática; Animais: rotífero, cnidário, helminto, anelídeo, inseto, molusco, crustáceo, peixe, anfíbio, réptil (criar vocabulário controlado).
Nome popular (lista de nomes populares)	Opcional; Nomes populares + opção “Outro” a preencher
Espécie observada (lista de nomes científicos)	Opcional; Nomes científicos + opção “Outra” a preencher
Número de indivíduos observados	Opcional; Indicação aproximada
Área de cobertura (macrófitas) em m ² ou hectares	Opcional; Indicação aproximada
Referência do local para facilitar a verificação	Obrigatório; incluir exemplos, como “Ribeirão Taquara”, “BR-153 na ponte do rio Tietê”, “próximo ao Porto São José” etc.
Descrição do local e da invasão e indicação de evidências de impacto se houver	Opcional, mas desejável
Coordenadas geográficas (indicar o sistema utilizado: UTM, graus, minutos e segundos, graus decimais)	Opcional; explicar que, se a pessoa mandar foto tirada com o telefone celular com o GPS ligado, as coordenadas serão enviadas automaticamente
Houve coleta ou eliminação de exemplares?	Obrigatório; resposta sim/não
Se houve coleta, quantos exemplares?	Opcional; Número de exemplares coletados
Se houve coleta, onde estão os exemplares?	Opcional
Os indivíduos da espécie encontrados foram eliminados?	Opcional

DADOS PARA ENVIO DE NOTIFICAÇÃO AO ÓRGÃO COMPETENTE	
A espécie tem histórico de invasão em algum lugar do mundo?	Opcional, mas desejável, em especial se a fonte tem formação técnica e pode fazer essa indicação
Comentários adicionais	Opcional
Imagens	Opcional, mas desejável: anexar imagens, instruir para que a pessoa tire fotografia(s) usando o telefone celular com o GPS ligado para que as coordenadas sejam automaticamente enviadas. Se possível, utilizar uma barra de escala para a foto ou uma caneta ou outra referência de tamanho

Fonte: Compilação do autor

P4 – Identificação do táxon. Nesta etapa, deverão ser esgotadas as possibilidades disponíveis para identificar o táxon, que incluem o contato com a pessoa que emitiu a notificação, consultas a colaboradores locais ou residentes, consultas a especialistas cadastrados no PNADPRR, ou que trabalham no local da ocorrência, ou através do envio de imagens recebidas na notificação, consulta a fontes bibliográficas e trabalhos técnicos realizados na área de ocorrência e, caso estes sejam insuficientes, solicitação às redes vinculadas ao Programa que realizem uma verificação em campo sob orientação do órgão competente ou da instituição encarregada de coordenar o processo de resposta rápida.

A coleta de material biológico e/ou de registros fotográficos é importante para viabilizar a identificação. A pessoa responsável pela verificação em campo pode ser orientada pelo órgão responsável a enviar o material biológico coletado diretamente a taxonomistas vinculados ao programa no Brasil ou em outros países a fim de agilizar a identificação do táxon ao nível necessário e dar sequência ao Protocolo. Se, após esgotadas as possibilidades, o táxon não tiver sido identificado, seguir para **P5**. Se foi identificado, seguir para **P7**.

P5 – Táxon não identificado. Esgotadas todas as possibilidades, conclui-se que a identificação do táxon não é viável. Nesses casos, será importante tentar estabelecer parcerias locais a fim de manter no local indicado para a ocorrência algum nível de vigilância ou monitoramento ativo ou passivo, na expectativa de que o táxon possa ser observado. Se isso ocorrer, dá-se início novamente ao Protocolo com uma nova notificação de ocorrência. Sendo assim, segue-se para **P6**.

P6 – Encerramento. As ações anteriores levam ao encerramento do Protocolo. Isso pode ocorrer nas seguintes situações: (a) não foi possível identificar o táxon; (b) o táxon não é exótico à área de ocorrência; (c) o táxon não tem histórico de invasão; (d) a invasão reportada é extensa, ou seja, passou do estágio inicial e já não se encaixa no âmbito da detecção precoce e resposta rápida; (e) a avaliação de risco do táxon indica risco moderado ou a análise é inválida; (f) o foco de invasão é erradicado. Para algumas dessas situações, é desejável o monitoramento em busca de nova observação de ocorrência (a) ou para verificação de mudança de *status* da presença de espécies exóticas (c, e).

P7 – Táxon identificado. A identificação do táxon faz parte das informações recebidas na notificação, ou ocorre após um processo de verificação e complementação de informações que identifica o táxon com sucesso. Se a identificação é feita por participantes da Rede de Colaboradores, deve-se também indicar o grupo de organismos a que o táxon pertence, para facilitar a tomada de decisão na sequência do Protocolo e, especialmente, para facilitar a busca de alternativas de controle e monitoramento. Segue-se para **P8**.

P8 – O táxon é exótico? Realiza-se a verificação da área de distribuição natural do táxon em comparação com a área de ocorrência. Se o táxon não é exótico ao local de ocorrência, o Protocolo é encerrado (**P6**). Se o táxon é exótico ao local de ocorrência, segue-se para **P9**.

2.3.2.2 Avaliação de risco rápida

A avaliação de risco é basicamente um questionário que visa verificar o potencial de invasão por uma espécie exótica. Trata-se de uma ferramenta importante para separar espécies exóticas cujo risco de invasão é baixo, de espécies que, sendo de alto risco, demandam intervenções imediatas. As avaliações podem também subsidiar a tomada de decisão em áreas complementares, por exemplo, ao corroborar a definição de prioridades para gestão e manejo. Nesses casos, o uso de avaliações já existentes é importante, dado que a realização de avaliações de risco completas é trabalhosa, requer apoio de pessoas com maior nível de especialização, implica revisões bibliográficas extensas e torna-se onerosa quando é necessário contemplar diversas espécies. Além disso, pode ocorrer que não haja informação suficiente sobre espécies pouco estudadas para concluir a avaliação, que resulta inválida, ou que o resultado seja de risco moderado, o que cria certo grau de incerteza sobre as ações a serem desencadeadas, já que a espécie pode tender a um nível de risco mais alto ou mais baixo em função, especialmente, de condições ambientais locais.

A fim de evitar demora na tomada de decisão, no Protocolo essa ferramenta foi incluída em duas etapas distintas. Nesta etapa de identificação e triagem, realiza-se uma verificação rápida com base no principal preditor de invasão biológica, o histórico de invasão pela espécie em outros locais (**P9**). Essa avaliação precisa levar em conta a distribuição global da espécie: espécies com ampla distribuição geográfica com nenhum ou escassos registros de invasão tendem a se comportar como invasoras apenas sob condições ambientais particulares; por outro lado, espécies com consistente histórico de invasão nos locais onde foram introduzidas tendem a apresentar risco alto. Os protocolos de avaliação de risco completos consideram indicadores de risco com base na ecologia e na biologia das espécies, no histórico de invasão para a área geográfica ou condições climáticas do local de introdução, no potencial de impacto ambiental, econômico e social, na facilidade de estabelecimento e dispersão e na viabilidade de manejo.

A etapa **P23** apresenta todos os detalhes do processo de avaliação de risco.

P9 – O táxon tem registro de invasão? Esta etapa é muito importante no seguimento do Protocolo, pois separa os táxons de acordo com a probabilidade de estabelecimento

e invasão. A capacidade de atender toda e qualquer notificação de ocorrência tende a ser limitada se o volume for significativo e crescer ao longo do tempo. A aplicação desta pergunta neste ponto do Protocolo visa assegurar que a execução de ações de resposta tenha foco em táxons que de fato apresentam risco alto de invasão biológica, ou seja, que já têm histórico de invasão em outros lugares. Nesses casos, é possível que o táxon já conste em listas oficiais de EEIs no país – seja de espécies presentes, seja daquelas com risco iminente de introdução – ou em bases de dados nacionais ou globais (Tabela 2), o que facilita a tomada de decisão e indica a necessidade e a urgência do controle. Informações sobre antecedentes de invasão podem também ser buscadas em artigos técnicos e científicos utilizados especialmente na avaliação de risco completa. Esta etapa **P9** representa uma avaliação de risco rápida, pois se fundamenta no preditor de maior eficácia para indicação do potencial de invasão biológica, que é o histórico de invasão do táxon. Critérios adicionais devem ser considerados, como o histórico de invasão de espécies congêneres, que pode indicar o potencial de invasão de todo um táxon de hierarquia superior ao nível específico; a ausência de registro de invasão para espécies amplamente distribuídas, que tende a indicar risco baixo; e sua ocorrência junto a espécies endêmicas, raras ou ameaçadas de extinção, que pode ser considerada um fator de incremento do risco que indica maior urgência nas ações de resposta. Havendo agilidade, pode-se recorrer ainda à consulta a especialistas no táxon. Nesta etapa do Protocolo são separados os táxons cujo risco de invasão é considerado baixo a fim de permitir que as ações tenham foco naqueles com maior potencial de dano. A menos que haja evidência em contrário, os táxons avaliados como de risco baixo não serão objeto de ações de erradicação, contenção ou controle, a não ser que haja capacidade instalada para tanto. Sempre que possível, tais táxons devem ser incluídos em programas de monitoramento ou de vigilância existentes, e, caso se observe mudança na situação, o órgão competente ou o ponto focal designado deve ser notificado para que acione novamente o Protocolo. Se o táxon não tiver registro de invasão, o Protocolo é encerrado (**P6**). Caso haja registro de invasão, segue-se para **P10**.

A separação entre táxons de risco moderado e alto é realizada mais adiante no Protocolo (**P19 a P26**).

Tabela 2 – Fontes de informação para verificação de antecedentes de invasão de espécies exóticas

Nome	Descrição
Ministério do Meio Ambiente	Listagens de EEIs em elaboração – Projeto Pró-Espécies
Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental https://bd.institutohorus.org.br	Base de dados de EEIs no Brasil
Plataforma Brasileira de Bioinvasão https://bioinvasaobrasil.org.br	Base de dados de EEIs marinhas no Brasil
Global Invasive Species Database (GISD) https://www.issg.org/database	Base de dados global de EEIs
CABI https://www.cabi.org/isc	Compêndio global de EEIs
Google Acadêmico: nome científico + invasive / nome científico + invasor	Busca de artigos científicos e técnicos sobre eventos de invasão pela espécie

Fonte: Compilação do autor

2.3.3 Alerta

Nesta etapa, o órgão competente ou o ponto focal designado emite um alerta para solicitar apoio das instituições responsáveis ou interessadas, pois chegou-se à conclusão de que a espécie detectada é exótica ao local de ocorrência e que o risco de invasão já não é baixo, pois essa análise foi feita antes de se chegar a este ponto (**P9**). Aqui o risco de invasão pode ser moderado ou alto.

P10 – Alerta. Neste ponto, o táxon foi identificado, é exótico ao local de ocorrência e há evidências suficientes de risco ao ambiente em questão. Um alerta é emitido, pelo órgão competente ou ponto focal designado, para as instituições responsáveis ou interessadas, bem como para a Rede de Colaboradores. A decisão sobre as instituições que devem receber o alerta se fundamenta na jurisdição de atuação na área geográfica, no grupo biológico ou no táxon em questão. Especialistas da Rede de Colaboradores podem receber o alerta a fim de agilizar a confirmação da identificação da espécie ou, em outros casos, realizar vistorias, especialmente em áreas onde ocorre monitoramento contínuo ou há pesquisas em andamento. Depois, segue-se para **P11**.

2.3.4 Vistoria, caracterização da invasão e erradicação imediata

Neste momento, uma pessoa ou equipe, geralmente integrante de instituições das Redes de Apoio e Colaboradores vinculadas ao Programa, é solicitada a fazer uma vistoria no local de detecção da EEI. Também deverá ser realizada a delimitação da invasão, de forma

simples e conforme o contexto. Sempre que possível, será realizada uma ação imediata com vistas à erradicação para evitar que o foco detectado siga em desenvolvimento e amplie sua área de distribuição. Essa estratégia de erradicação/controle é crucial, dado que as oportunidades de erradicação são limitadas no tempo, no espaço e em função de fatores materiais como recursos financeiros, equipamentos e pessoal para a execução das ações de resposta rápida. Assim, a inserção da possibilidade de ação imediata já na fase de vistoria é uma estratégia fundamental para maximizar a eficácia da abordagem de detecção precoce e resposta rápida, também evitando demora no seguimento do processo completo.

P11 – Vistoria. Neste momento devem ser coletados dados sobre a distribuição do táxon, o estágio de invasão, evidências de que a espécie chegou ou não à idade reprodutiva e área estimada de ocupação pelo táxon, dentro do possível para cada grupo biológico e para cada caso. O avanço de tecnologias de inteligência artificial deverá facilitar, futuramente, o uso de aplicativos para a identificação de espécies, principalmente a partir de listagens pré-elaboradas.

Além de verificar o local indicado, deverão também ser vistoriados os arredores do local da detecção para verificar se existem outros focos de invasão e sua extensão. A área a ser observada para realizar a delimitação da invasão depende do tipo de organismo e da viabilidade de detecção, que é mais baixa para espécies animais do que para plantas. Especialistas no grupo em questão podem ajudar a dar indicações sobre a extensão da busca, porém isso também depende de cada área, do tempo necessário e dos recursos disponíveis, já que pode se tratar de áreas de grande extensão. Além da observação de indivíduos, deve-se buscar também observar indícios de presença de animais, como pegadas e fezes. Já no caso de organismos como invertebrados, o monitoramento de mais longo prazo e a realização de amostragens poderão ser necessários para auferir a extensão da invasão.

Segue-se para **P12**. As etapas **P12** a **P15** fazem parte do processo de vistoria, podendo levar ao encerramento do Protocolo quando existir possibilidade e sucesso de erradicação imediata do foco de invasão. Caso o táxon não seja encontrado na vistoria, segue-se para **P18**.

P12 – A invasão é extensa? Esta avaliação deve ser realizada por pessoal qualificado durante a vistoria de campo. Ao constatar que a invasão é ampla, que há diversos focos de invasão esparsos e que já existe processo de reprodução comprovado pela observação de descendência, a pessoa responsável pode indicar que o foco de invasão já passou do estágio inicial e precisa de manejo em médio ou longo prazo. A avaliação depende de cada táxon ou grupo biológico em questão, sendo mais facilmente observada em organismos sésseis. Uma forma de considerar esta avaliação é estimar o tempo necessário para o controle, levando em conta, por exemplo, que, se uma população ou foco de invasão pode ser eliminado em relativamente pouco tempo e há recursos para as ações de controle, a invasão pode ser considerada inicial. Porém, cada situação precisará ser analisada à luz do contexto local e do táxon específico. Quando a invasão é percebida como generalizada nos arredores, ou amplamente distribuída, não se enquadra no âmbito da detecção precoce, e o Protocolo é encer-

rado (**P6**). A informação deve ser veiculada, sempre que possível, a uma instituição que possa realizar o manejo como rotina, assim como aos órgãos ambientais do município e do estado da ocorrência, ou estabelecida cooperação para serem feitas ações de controle e monitoramento posterior. Se a invasão é caracterizada por estar em estágio inicial, ou seja, por indivíduos isolados ou pequenas populações, dá-se prosseguimento à aplicação do Protocolo (**P13**). Também é preciso seguir o Protocolo quando há incerteza com relação ao tamanho da população, sem evidências de que a invasão seja extensa e já tenha passado do estágio inicial, ao menos até que essas informações possam ser obtidas. Segue-se para **P13**.

P13 – Existe a possibilidade de erradicação/contenção imediata? Focos de invasão em estágio inicial são muitas vezes caracterizados por indivíduos isolados ou populações muito pequenas. Nesses casos, e especialmente quando não há indícios de que o táxon já passou por um ciclo reprodutivo, configura-se uma oportunidade de erradicação/contenção imediata. Por exemplo, caso pescadores observem uma ocorrência de peixe não nativo, é muito importante que procedam à captura, tanto para reduzir o risco de estabelecimento, como para confirmação da identidade do táxon. Nesse caso, não é possível saber se o foco de invasão pode ser erradicado ou não, porém os esforços possíveis não deixam de ser realizados. Num segundo exemplo, uma pequena população de mexilhão-dourado é detectada no casco de uma embarcação que atraca em algum porto. Uma vistoria é realizada e o foco de invasão é eliminado, assegurando-se assim que no casco da embarcação não restam outros exemplares que possibilitem a dispersão do táxon. Este passo, portanto, deve fazer parte da vistoria sempre que possível. Caso contrário, dá-se seguimento ao Protocolo. Se a resposta é afirmativa, segue-se para **P14**; em caso negativo, segue-se para **P19**.

P14 – Proceder com ações de erradicação/contenção. Uma vez que o táxon seja confirmado como exótico à área de ocorrência, sempre que a pessoa ou equipe responsável pela vistoria tenha preparo para proceder a ações de controle, deve executá-las de imediato, já que tem a melhor oportunidade possível para conter ou mesmo erradicar o foco de invasão. A pessoa ou equipe que vai fazer a vistoria deve estar ciente dos materiais e equipamentos necessários para enfrentar a situação e tê-los disponíveis para realizar ações de resposta rápida. No caso de invertebrados, os táxons têm ciclos reprodutivos curtos, de modo que uma semana ou alguns dias podem implicar a perda da oportunidade de erradicação ou contenção efetiva da invasão antes da geração de descendência. A aplicação de medidas de controle visando a erradicação imediata tem limites em função do grupo biológico a que pertence o táxon e da complexidade da situação de ocorrência. Essa alternativa existe para que as oportunidades de eliminar focos de invasão de baixa complexidade, ou seja, por táxons já identificadas como exóticos invasores e passíveis de eliminação, não sejam desperdiçadas, em especial com vistas a prevenir a reprodução e a disseminação a partir do foco inicial. Esta etapa deve, portanto, ser integrada à vistoria sempre que possível. Em caso de incerteza sobre os métodos a serem aplicados, o Protocolo é

seguido para a etapa de planejamento.

O detalhamento sobre métodos de controle para os distintos grupos é apresentado na etapa **P30** (“Realizar ações de resposta”) como forma de apoio ao planejamento. Na etapa aqui descrita, que pode levar à execução de ações de controle apenas com base nos dados da notificação, não ocorre um planejamento de fato como na sequência do Protocolo, em que se elabora um plano de ação de base técnica apoiado na vistoria de campo realizada. Segue-se para **P15**.

P15 – As ações foram eficazes? No caso de serem realizadas ações de controle com vistas à erradicação no momento da vistoria, o monitoramento posterior é fundamental para verificar se as ações foram eficazes, ou seja, se a população inicialmente encontrada diminuiu ou foi totalmente eliminada. Se houver redução significativa da população em 80-100%, considera-se que o método foi eficaz e segue-se para **P16**. Se o foco de invasão não foi afetado, não diminuiu significativamente, ou a invasão aumentou, não foi eficaz, é preciso seguir para a fase de planejamento (**P28**), a fim de definir um método de controle de melhor eficácia. Nesse caso, podem ser consultados especialistas para contribuir com a definição dos métodos e dos níveis de eficácia aceitáveis para o táxon. Não se espera que uma única ação de controle resolva o problema; é normal haver mais intervenções até que seja possível decidir se vale a pena seguir até a erradicação ou usar outra possibilidade do Protocolo. Caso não se obtenha a eficácia necessária à eliminação do foco de invasão após diversas tentativas, pode-se concluir que o controle não é viável, seja por falta de recursos, materiais, técnicas adequadas, seja porque a invasão aumentou e escapou do âmbito da detecção precoce. As justificativas devem ser claramente registradas ao se optar pelo encerramento do Protocolo. Quando o tamanho da população é difícil de estimar, como no caso de invertebrados marinhos de substrato não consolidado, a avaliação da eficácia do controle só pode ser feita ao longo do tempo a partir de monitoramento contínuo. Nesses casos, especialistas devem ser consultados para ajudar a definir as técnicas de manejo, de monitoramento e de avaliação da eficácia do controle. O registro das ações realizadas é importante para otimizar esforços em situações análogas no futuro. Se a resposta é afirmativa, segue-se para **P16**; caso negativa, segue-se para **P19**. No caso desta avaliação, após a aplicação de ações de resposta, já na base da figura do Protocolo, se a resposta for negativa, é preciso retornar à etapa de planejamento (**P28**).

P16 – Monitoramento e repasse. Se o controle foi eficaz, deve-se fazer o repasse do controle, ou seja, repetir a aplicação do método definido até a eliminação total do foco de invasão. Não se espera que uma ação única leve à erradicação da espécie, mas sim que o controle seja repetido, com ajustes nos métodos à medida do necessário, até que seja atingida a erradicação do foco de invasão. Se o controle não foi eficaz, o Protocolo indica duas situações: quando as ações são realizadas já na vistoria de campo, dá-se seguimento para aprofundar a análise (**P19**); nos demais casos, deve-se voltar à etapa de planejamento (**P28**) para ajustar os métodos utilizados com vistas a melhorar a eficácia do controle até que esta seja satisfatória. Deve-se aplicar os preceitos do manejo

adaptativo, ou seja, não postergar o manejo por falta de conhecimento específico, que é obtido ao longo do processo; registrar as ações e métodos empregados e aprimorá-los até alcançar o nível de eficácia desejado. A cada operação de repasse do controle, o método pode ser ajustado em função do resultado anterior. Se não é possível avaliar a eficácia, por se tratar, por exemplo, de animais de difícil observação, será preciso manter o monitoramento até definir um método que permita fazê-lo ou verificar os resultados no médio prazo. O período de monitoramento posterior às ações de controle varia de acordo com o táxon e o grupo biológico em que se enquadra, sendo menor para táxons de ciclo reprodutivo curto e maior para táxons que requerem mais tempo para alcançar a idade reprodutiva. A definição do período de monitoramento pode ser feita com ajuda de especialistas nos respectivos grupos biológicos, integrantes da Rede de Colaboradores. Segue-se para **P17**.

P17 – Erradicação. Refere-se aos casos de sucesso em que o foco de invasão é erradicado. Uma vez que seja totalmente eliminado e que não se constate a presença de novos indivíduos na continuidade do monitoramento, pode-se considerar que o foco foi erradicado. O tempo de monitoramento necessário para chegar a esta conclusão depende do táxon em questão. O Protocolo é encerrado (**P6**) com o registro das informações para referência futura. Nos casos em que as tentativas de erradicação ou contenção são repetidamente falhas e se julga que não é possível continuar com o controle, ou que a invasão aumente a ponto de tornar o controle inviável, pode-se chegar à conclusão de que escapa ao âmbito do PNADPRR. Nesses casos, as informações geradas devem ser repassadas a outra entidade que possa dar continuidade ao trabalho, sempre que possível. Deve-se buscar envolver atores que trabalham naquela área, como agências de meio ambiente em âmbito estadual e municipal, pesquisadores de instituições de ensino e pesquisa, técnicos de agências de extensão rural ou pesquisa em áreas correlatas, organizações da sociedade civil e/ou cidadãos que têm interesse em contribuir com o Programa, desde que recebam orientação específica e apoio necessário. Segue-se para **P6**.

P18 – Táxon não encontrado. Este passo deriva do **P11** ("Vistoria"). É importante que a pessoa ou equipe responsável pela vistoria tenha em mãos todas as informações disponíveis sobre a ocorrência do foco de invasão, como a identidade do táxon, uma descrição do local e onde fazer a busca, preferencialmente com base em coordenadas geográficas. Se o táxon não é encontrado na vistoria, parte-se para aprofundar o conhecimento sobre ele a fim de definir as ações subsequentes. De toda forma, é desejável organizar um esforço de monitoramento com ajuda de pessoas locais para verificar a presença do táxon e coletar dados, sempre que possível. Na falta de dados de campo, o Protocolo segue para **P19**.

2.3.5 Avaliação de risco

A avaliação de risco completa é um procedimento padronizado, em geral com base num questionário de perguntas que visa verificar a probabilidade de que uma espécie exótica, ao ser introduzida num ambiente fora de sua área de distribuição natural, se torne invaso-

ra. Esta avaliação também pode considerar os impactos potenciais da invasão da espécie. As perguntas que direcionam a avaliação de risco se fundamentam em indicadores de invasão biológica, como o histórico de invasão pela espécie em outros lugares, características biológicas e ecológicas, similaridade climática ou de condições ambientais, facilidade de adaptação a distúrbios causados por atividades humanas, interações ecológicas, taxa reprodutiva e distribuição global, impactos potenciais ao meio ambiente, à economia e à sociedade, a viabilidade de manejo, entre outros. Nesta etapa, separam-se as espécies de risco alto e risco moderado, dando prioridade de controle às primeiras.

P19 – Existe avaliação de risco para o táxon? Quando uma espécie não é encontrada na vistoria ou quando não houve possibilidade de eliminação imediata nas etapas iniciais, pode ser necessário aprofundar o conhecimento sobre a espécie para decidir como agir. Nesses casos, realiza-se uma busca por avaliações de risco completas (**P19**); caso não sejam encontradas avaliações prontas e, mediante consulta a especialistas no grupo biológico, houver indicação de que as ações de resposta não são extremamente urgentes, realiza-se uma avaliação de risco completa (**P23**). Segue-se para **P20** caso não tenha sido encontrada nenhuma avaliação de risco; para **P24** caso a avaliação de risco encontrada indique risco moderado; ou para **P26** caso indique risco alto.

P20 – Risco desconhecido. Se não for encontrada nenhuma avaliação de risco válida para o táxon, considera-se que o risco é desconhecido e a situação requer mais análise, levando a etapa seguinte. Segue-se para **P21**.

P21 – Consulta a especialistas. Quando não houver referência disponível sobre o nível de risco, a melhor alternativa é buscar ajuda de especialistas no grupo biológico em questão para inferir o risco. Essa alternativa pode poupar muito tempo e agilizar as ações de resposta. Essa consulta deve ser feita, de modo geral, a integrantes das redes vinculadas ao programa. Os resultados desta consulta devem indicar se as ações de controle a serem aplicadas têm ou não urgência. Segue-se para **P22**.

P22 – As ações de controle são urgentes? Sim. A conclusão da consulta a especialistas é que o táxon tem tendência a invadir rapidamente, o processo de desenvolvimento é rápido e há risco de dispersão a partir do foco de invasão detectado, ou outros indicadores de que há urgência em executar as ações de resposta. Assim, considera-se este resultado equivalente a uma indicação de risco alto. A consulta e os resultados devem ser registrados a fim de subsidiar ações futuras. Segue-se para **P26**.

P22 – As ações de controle são urgentes? Não. A conclusão da consulta a especialistas é que o táxon não tem tendência à invasão, ou a invasão é demorada, o processo de desenvolvimento do táxon é lento, ou outros indicadores de que não há urgência na resposta. Isso significa que há tempo disponível para aprofundar a análise antes de decidir se o manejo é necessário. A consulta e os resultados devem ser registrados e disponibilizados a fim de subsidiar ações futuras. Segue-se para **P23**.

P23 – Avaliação de risco completa. A elaboração de uma avaliação de risco completa requer tempo e disponibilidade de pessoas com maior nível de especialização, o que tende a gerar demora nas ações de resposta. Por essa razão, ela somente será rea-

lizada na falta de evidências suficientes que permitam a tomada de decisão através dos outros caminhos indicados no Protocolo. O IBAMA dispõe de protocolos de avaliação de risco para alguns grupos biológicos; o Instituto Hórus dispõe de protocolos para [plantas, vertebrados terrestres e vertebrados aquáticos](#) e de uma compilação de resultados de avaliações realizadas em vários países na [Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras](#). Para a realização de avaliações de risco completas, a pessoa responsável não precisa ser especialista no táxon a ser avaliado, porém deve conhecer os termos técnicos utilizados nas análises e ter fluência na leitura e compreensão do idioma inglês. Uma avaliação de risco completa pode tomar alguns dias de trabalho intensivo, a depender da prática da pessoa responsável e do táxon em questão. Pode demorar para ser realizada por depender da disponibilidade de colaboradores e do tempo necessário para sua elaboração. Os resultados devem ser registrados e disponibilizados para referência futura. Se o resultado da avaliação é de risco moderado ou a avaliação é inválida, segue-se para **P24**. Se o resultado é de risco alto, segue-se para **P26**.

P24 – Risco moderado ou avaliação inválida. Indica o caminho do Protocolo para quando uma avaliação de risco completa, já existente ou realizada no fluxo do Protocolo resulta em risco moderado, ou quando não há informações suficientes para completar a avaliação de risco, que resulta inválida (Tabela 3). Segue-se para **P25**.

P25 – Monitoramento recomendado. Aplicável a táxons cujo risco de invasão é moderado e que, portanto, não requerem ações imediatas de resposta, pois, de modo geral, se estabelecem apenas em condições favoráveis, ou não conseguem se estabelecer, ou não são invasores agressivos. A decisão de indicar monitoramento em vez de ação de controle visa manter o foco das ações de resposta para EEIs com maior potencial de dano ambiental. Nesses casos, recomenda-se como alternativa realizar ações de vigilância ou monitoramento periódico, sempre que possa ser realizado por atores locais, idealmente, integrantes das redes vinculadas ao Programa. Se o foco em questão evoluir para um processo de invasão, deve ser emitida nova notificação e o Protocolo é retomado para guiar as ações de manejo. Após esta etapa, o Protocolo é encerrado (**P6**).

P26 – Risco alto. Indica o caminho do Protocolo para quando uma avaliação de risco é encontrada com resultado de risco alto ou quando o risco alto é detectado por especialistas (Tabela 3), que indicam urgência para o controle com base nas características ecológicas e biológicas do táxon, seu histórico de invasão em outros lugares, a viabilidade de manejo e impactos potenciais. À medida que houver inúmeras demandas, poderá ser necessário montar uma matriz para facilitar o estabelecimento de prioridades entre as espécies de alto risco, envolvendo critérios como fragilidade ambiental, presença de espécies endêmicas, raras ou ameaçadas de extinção e viabilidade de controle. Segue-se para **P27**.

Tabela 3 – Respostas a níveis de risco para invasões biológicas, conforme o resultado da avaliação de risco

Nível de risco	Ações recomendadas
Baixo	Espécies que não têm antecedentes de invasão em algum lugar do mundo são consideradas de risco baixo no Protocolo de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida. Não serão realizadas ações de resposta. Se a espécie ocorrer em UC, precisa ser eliminada igualmente, porém a ação não é urgente. O monitoramento periódico para verificar se há mudança no status da população é desejável; caso seja mais simples eliminar o foco de invasão, a ação de erradicação deve ser realizada para não gerar custos de monitoramento.
Moderado	Espécies de risco moderado são, caracteristicamente, plantas com comportamento ruderal, ou seja, que ocorrem em áreas sujeitas a distúrbios, como margens de caminhos e estradas, pastagens abandonadas etc. No caso de animais, não desenvolvem populações numerosas e somente se estabelecem e se dispersam em algumas situações mais favoráveis, ocorrendo também em áreas onde não conseguem propagar-se, e não chegam a caracterizar processos agressivos de invasão biológica. Assim, as ações são menos urgentes e podem ser colocadas em menor nível de prioridade do que ocorrências de risco alto. Se o resultado da análise for inválido devido a lacunas de informação, deve-se procurar complementar os dados e revisar a avaliação de risco. Se não for encontrada informação complementar para melhorar a precisão da resposta, as ações de controle podem, sempre que possível, ser realizadas por precaução, ainda que consideradas menos urgentes. O monitoramento periódico para verificar se há mudança no status da população é desejável; em casos de indivíduos isolados ou em pequeno número que permitam eliminar o foco de invasão, a ação de erradicação deve ser realizada sem demora, a fim de evitar os custos contínuos de monitoramento e eventuais ações futuras em caso de invasão.
Alto	Espécies que resultam em alto risco avançam sobre o ambiente no qual foram introduzidas, ao longo do tempo dominando o espaço, excluindo espécies nativas e/ou causando alterações estruturais, físicas ou químicas no ambiente. Deve-se definir as ações de resposta rápida e aplicar medidas de erradicação, contenção ou controle imediatas visando eliminar os focos de invasão biológica por completo; realizar monitoramento posterior para avaliar a eficácia das medidas aplicadas; e ajustá-las, se necessário, até atingir a erradicação, quando o Protocolo é encerrado.
Análise inválida	Quando não existe informação disponível para que uma avaliação de risco possa ser completada, a tomada de decisão é dificultada porque o grau de incerteza é alto. Esse resultado pode ocorrer nos casos em que especialistas consultados considerem que as ações de resposta não são urgentes, e se realiza uma avaliação de risco completa. O monitoramento é então recomendado, dentro do possível, por questão de prevenção, sendo o objetivo principal do Protocolo gerar ações de resposta rápida sobre espécies de risco alto, de modo geral melhor conhecidas e melhor documentadas. Da mesma forma que nos casos anteriores, em situações de indivíduos isolados ou em pequeno número que permitam eliminar o foco de invasão, a ação de erradicação deve ser realizada sem demora a fim de evitar os custos contínuos de monitoramento e eventuais ações futuras em caso de invasão.

Fonte: Compilação do autor

2.3.6 Planos de resposta rápida

A fim de otimizar o tempo para a execução de ações de erradicação ou controle, os planos de resposta rápida (elaborados na etapa **P28**) precisam ser concisos e objetivos, basicamente delineando com clareza a estratégia a ser seguida, os métodos a serem aplicados nas ações de controle e monitoramento, os materiais e equipamentos necessários e, preferencialmente, uma estimativa de custos. A base para a elaboração desses planos são as informações da notificação de ocorrência e os dados coletados na vistoria, assim como dados complementares referentes ao táxon e ao local em questão. Apresentamos a seguir uma orientação para a elaboração desses planos (Tabela 4), de forma básica. A necessidade de maior detalhamento e inclusão de outros itens dependerá de cada situação. Para fins de orientação, alguns planos hipotéticos foram desenvolvidos e estão disponíveis no Apêndice 3 deste manual.

P27 – Há plano de contingência para o táxon? Quando a espécie tem indicação de risco alto de invasão biológica, requer uma ação de resposta no menor tempo possível (Tabela 4). Então, o órgão competente ou ponto focal designado busca referências para fundamentar o manejo, como planos de contingência ou planos de resposta rápida já existentes. Esses planos, quando disponíveis, podem reduzir o tempo de resposta e otimizar os resultados. Planos de contingência podem estar disponíveis a partir de processos de licenciamento ambiental que autorizam a criação ou o cultivo de EEIs, vinculados a atividades de transporte que funcionam como vias de introdução de EEIs e situações análogas. Quando houver um plano disponível, será preciso analisar a viabilidade do que está proposto (**P29**) antes da execução. Se não houver um plano disponível, o Protocolo segue para o planejamento de ações de resposta (**P28**).

P28 – Planejar ações de resposta. Esta etapa resulta na elaboração do plano de ação de resposta rápida, que deve ser expedito e breve, indicando minimamente os conteúdos propostos na Tabela 4. Durante o processo, é importante que sejam consideradas as condições necessárias para que a pessoa ou equipe responsável possa executar as ações com eficácia e dispor dos materiais, equipamentos e apoio necessários. Segue-se para **P29**.

Tabela 4 – Estrutura básica dos planos de resposta rápida para EEl com base no Guia de orientação para o manejo de espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação Federais (ICMBio 2019), com adaptação para o contexto de detecção precoce e resposta rápida

Item do plano	Descrição
Táxon	Nome científico e família (incluir hierarquia superior caso seja necessário) e nomes comuns
Caracterização do local	Breve descrição do local, incluindo o acesso e o tipo de ambiente e quaisquer obstáculos ou dificuldades que a equipe executora possa encontrar para que haja preparação adequada. Sempre que possível, inserir as coordenadas geográficas.
Quem é responsável pela coordenação e quem apoia?	Nome da(s) pessoa(s) envolvida(s) e função(ões), responsável(is) pela execução das ações de controle, de monitoramento posterior e repasse do controle, assim como pelo registro do processo.
Método	Indicação do(s) método(s) de controle a ser(em) utilizado(s), preferencialmente considerando métodos adicionais em caso de incerteza sobre a eficácia.
Monitoramento	Indicação de quando deve ser realizado o monitoramento de resultados das ações de controle e o que a pessoa ou equipe responsável deve fazer conforme a eficácia verificada; pode repetir o método já empregado ou utilizar novo método predefinido. Prover informações sobre o monitoramento posterior ao controle, conforme estimativas possíveis.
Comprovação da eficácia	Indicação de como deve ser avaliada a eficácia, conforme o grupo biológico e o táxon em questão. De forma geral, a eficácia pode ser considerada “boa” se a população alvo do controle diminuiu, “baixa” se não aumentou e “não eficaz” se cresceu.
Materiais, equipamentos	Listar os materiais e equipamentos necessários para a realização das ações de controle em campo, de modo que a pessoa ou equipe responsável facilmente verifique se tem tudo à mão antes de sair a campo e se os equipamentos estão em ordem e funcionais. Prever, se possível ou se consideradas necessárias, 2-3 ações de repasse. Deve-se prever o uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI) para as diversas atividades que os requeiram.
Estimativa de custos	Projetar custos com base nos materiais, equipamentos (ou sua depreciação), transporte (combustível, pedágio etc.) e mão de obra, quando necessária.
Destinação	Verificar e escolher a melhor forma possível e local para enviar os organismos coletados.
Análise de viabilidade	Com base na disponibilidade de pessoas, materiais, equipamentos e recursos de custeio para as ações planejadas, explicar por que o plano de ação é considerado viável ou não, levando também em consideração a viabilidade dos métodos que poderão ser empregados. Caso negativo, buscar apoio de parcerias externas para viabilizar a aplicação ou alterar o plano até chegar a uma alternativa viável.

Fonte: Compilação do autor

2.3.6.1 Análise de viabilidade

Nesta etapa é realizada a verificação de viabilidade de aplicação do plano elaborado para as ações de resposta rápida. Caso o plano não seja viável, deve-se voltar ao planejamento ações de resposta, ajustando estas ações e/ou buscando parcerias para viabilizar sua execução.

P29 – As ações de resposta são viáveis? As ações propostas em planos de contingência, em planos de resposta rápida ou na etapa do Protocolo referente ao planejamento devem passar por uma breve análise de viabilidade (Tabela 5) antes da execução. Caso falem recursos, materiais, equipamentos ou pessoas com o conhecimento necessário, o órgão competente pode solicitar ajuda às redes vinculadas ao Programa, ou a atores locais indicados através das redes, para apoiar a execução das ações de resposta. Se ainda assim elas não forem viáveis, é preciso retornar ao planejamento (**P28**) para fazer ajustes e encontrar outra solução. Em casos de alta complexidade que requerem investimentos significativos ou a mobilização de equipamentos como embarcações e outros de alto custo ou de difícil obtenção, ou que haja risco de vida, pode-se chegar à conclusão de que a ação de resposta não é viável. Em caso extremo, o Protocolo pode ser encerrado por falta de alternativas. Se as ações de respostas forem viáveis, segue-se para **P30**. Caso negativo, volta-se à fase de planejamento (**P28**) para realizar ajustes no plano.

Tabela 5 – Checklist da análise de viabilidade para ações de resposta rápida

Questão da análise de viabilidade	Sim	Não
Os recursos financeiros necessários estão disponíveis?		
Os materiais e equipamentos necessários para realizar a ação de resposta estão disponíveis? (caso negativo, se podem ser comprados imediatamente, responder “sim”)		
Existe transporte disponível para o deslocamento? (caso o deslocamento não requeira transporte, responder “sim”)		
Existe pessoal preparado para realizar as ações de resposta?		
Caso alguma das respostas acima tenha sido negativa, existe a possibilidade de essa lacuna ser suprida em poucos dias (idealmente menos de 5 dias)?		
Caso alguma das respostas acima tenha sido negativa, existe a possibilidade de essas necessidades serem supridas através de parcerias com outras instituições/ pessoas?		
Caso não haja disponibilidade dos recursos, materiais e/ou equipamentos necessários, retornar ao planejamento de resposta e ajustar as ações para assegurar a viabilidade de execução integral.		
Registro de materiais e custos referentes à ação de controle.		

Fonte: Compilação do autor

2.3.7 Execução de ações de resposta rápida

Esta é a etapa em que as ações de resposta rápida visando a erradicação e/ou controle da espécie exótica detectada são iniciadas, após análise positiva de viabilidade (**P15**). Uma listagem de materiais importantes para o controle de EEIs em ambientes dulcícolas está disponível no Apêndice 4.

P30 – Realizar ações de resposta. Definidas as ações de resposta e confirmada a viabilidade de execução, as ações devem ser implementadas o mais rápido possível em campo e registradas em detalhes para que os resultados possam ser avaliados e ajustados conforme necessário. As ações de resposta devem seguir os preceitos do manejo adaptativo, realizando-se ajustes a cada etapa de controle a fim de aumentar a eficácia dos métodos adotados. Subentende-se que estas ações são um ciclo que envolve execução (**P30**), verificação de resultados (**P15**), ajustes no planejamento se necessário (**P28**) e nova execução (repasse, **P16**) até atingir a eficácia desejada para, preferencialmente, chegar à erradicação do foco de invasão (**P17**) e encerrar o Protocolo (**P6**). Após a execução das ações de resposta, seguir para **P15**.

2.3.7.1 Estratégias e métodos de erradicação e controle

Essa subseção cobre estratégias e métodos de controle aplicados aos grupos biológicos tratados neste manual. Referências complementares sobre fontes de informação estão indicadas no Apêndice 2. Apresentamos aqui uma abordagem ampla sobre métodos existentes, sem indicação de métodos específicos. A decisão pelos métodos a serem empregados em cada caso depende do contexto e da análise de cada situação, sendo comum a combinação de métodos, sua adaptação ao longo do tempo, ou a substituição, para melhorar a eficácia com base em avaliações de resultados. Além disso, com o passar do tempo haverá novos métodos, técnicas e produtos disponíveis que devem ser considerados. É preciso, ainda, ter atenção à necessidade de autorização das autoridades competentes e buscar apoio técnico-científico, sempre que necessário, para a definição de estratégias e métodos de controle, monitoramento posterior e avaliação da eficácia. O cuidado para evitar impactos a espécies não alvo também deve ser considerado nos processos de controle e erradicação.

Cabe ressaltar que a escolha da técnica/método para controle ou erradicação – e até mesmo para o monitoramento de organismos presentes em ambientes dulcícolas – deve levar em consideração possíveis impactos ambientais. Métodos de controle químico devem considerar o nível de toxicidade dos produtos e os possíveis riscos que podem provocar a outros organismos aquáticos e à saúde humana. Certos produtos podem se acumular em diferentes substratos, com potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas, de modo que a seleção de produtos adequados em conformidade com a legislação ambiental é essencial.

A pesca elétrica implica riscos associados à sobrecarga elétrica, que pode ser nociva a peixes nativos (e outras espécies aquáticas presentes na área a se realizar o controle), ainda que em geral apenas de forma momentânea. O uso de equipamentos (controle mecânico)

para espécies dulcícolas, como redes ou equipamentos utilizados para macrófitas aquáticas, pode também impactar outras espécies além da espécie-alvo, seja na captura acidental, seja por impactos causados a espécies bentônicas devido a modificações físicas causadas por esses equipamentos no leito de ambientes dulcícolas. Por isso é importante avaliar cada situação antes de decidir que método, ou combinação de métodos, é mais adequado.

2.3.7.1.1 Microrganismos de água doce

As técnicas de controle de microrganismos de água doce envolvem a redução do aporte de efluentes domésticos e industriais e de nutrientes de atividades agrícolas, assim como a melhoria do tratamento de esgoto em áreas urbanas, a diminuição do uso de fertilizantes em lavouras e a restauração de áreas de mata ciliar no entorno de rios, lagos e reservatórios (Tundisi; Tundisi, 2008). De forma geral, são necessários cuidados sanitários mais rigorosos para evitar o transporte de microrganismos de uma bacia para outra por pescadores, embarcações e apetrechos de pesca. Outra medida importante é a diminuição e o controle dos processos de eutrofização de corpos d'água, que favorece o estabelecimento de EEIs. São apresentados a seguir os métodos de controle disponíveis para alguns grupos de microrganismos aquáticos.

Cianobactérias (algas procariontes)

O controle de fontes externas de nutrientes deve ser complementado pelo controle interno de nutrientes e cianobactérias, ou seja, pelo tratamento do próprio corpo d'água. Essa ação pode ser realizada por controle mecânico (circulação artificial da água, aeração do hipolímnio e dragagem de sedimentos), controle químico (uso de algicidas ou precipitação do fósforo) e métodos biológicos, com o uso da biomanipulação (CETESB 2013).

Um dos controles químicos mais utilizados no mundo todo, inclusive no Brasil, é a aplicação de algicidas. Porém, a utilização dessa técnica requer muito cuidado, pois induz a morte das células e a liberação de cianotoxinas no corpo d'água. No Brasil, o uso de algicidas para o controle do crescimento de cianobactérias em mananciais de abastecimento de água foi proibido pela [Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011 \(Ministério da Saúde\)](#). Essa portaria estabelece que as autoridades ambientais e de recursos hídricos devem definir a regulamentação das excepcionalidades sobre o uso de algicidas para cianobactérias e microalgas. Portanto, em casos de excepcionalidade, o controle com o uso de algicidas deverá ser feito respeitando a regulamentação estabelecida em cada estado.

2.3.7.1.2 Invertebrados

Moluscos

Apresentamos a seguir um resumo dos principais métodos empregados no controle de moluscos límnicos invasores (Tabela 6).

Tabela 6 – Métodos empregados no controle de moluscos límnicos invasores

Controle mecânico
Sistema de filtração com filtro de areia ou em equipamentos específicos, radiação ultravioleta, ultrassom, proteção catódica
Limpeza mecânica usando elementos raspadores, fluxo de água ou bombas de alta pressão (se a superfície está imersa em água, um mergulhador pode ser necessário)
Controle biológico
Agentes microbianos (até o momento, apenas empregados em ensaios de laboratório, não em ambientes naturais)
Controle químico
Microcápsulas com partículas ativas que reagem dentro dos mexilhões, liberando neles compostos tóxicos
Formas de cloro (cloro gasoso, hipoclorito de sódio, dióxido de cloro e dicloroisocianurato de sódio anidro, entre outros)
Sulfato de cobre
Outros (MXD-100®, MNB - Kavist®, cloreto de potássio, cloreto de sódio, hidróxido de sódio)
Revestimentos e tintas anti-incrustantes para evitar a adesão de organismos

Fonte: Compilação do autor

Controle mecânico

Alguns controles mecânicos podem ser restritivos em função dos custos da instalação de sistemas e equipamentos para realização do controle de EEIs aquáticas. Os controles mecânicos com potencial de aplicação são bastante variados. Podem ter foco em dificultar a incrustação de bivalves, na retenção de indivíduos adultos em sistemas de filtros, na destruição de espécies jovens por dosagens de radiação e em processos de remoção mecânica de espécies incrustantes, entre outros. A escolha do método mais conveniente a ser aplicado depende, entre outros aspectos, do volume e das características físicas e químicas da água onde o controle será realizado, das características e dimensões das superfícies que se deseja proteger de incrustações e dos recursos disponíveis para a instalação dos sistemas e equipamentos necessários para aplicação do método. De forma geral, os controles mecânicos podem ser classificados em preventivos e corretivos. Os métodos preventivos visam inibir o desenvolvimento populacional de bivalves ou inibir a incrustação, enquanto os métodos corretivos visam a remoção de bivalves já incrustados em superfícies.

Controle biológico

Não existem experiências de campo, tampouco produtos registrados, para o controle biológico de moluscos invasores. As informações disponíveis referem-se a estudos de bancada realizados mediante bioensaios, utilizando formulações comerciais de agentes microbianos para o controle de dípteros.

Controle químico

Envolve o uso de substâncias oxidantes e sais, tais como cloro e derivados (dióxido de cloro, cloroaminas e ácido hipoclorídrico), compostos de bromo, ozônio, peróxido de hidrogênio, permanganato de potássio, nitrato de amônia e sulfato de cobre. Tintas anti-incrustantes, que contêm um agente biocida, têm sido tradicionalmente aplicadas em cascos de embarcações com a finalidade de inibir a fixação e o desenvolvimento de organismos aquáticos. Vale destacar que o emprego de controle químico apresenta riscos ao ambiente e pode impactar a biota aquática, de modo que é preciso selecionar produtos adequados e avaliar o potencial de dano e de recuperação do meio ou de populações potencialmente impactadas.

Mais detalhes sobre métodos para controle de moluscos límnicos invasores no Brasil estão disponíveis na publicação intitulada "[Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, preservação e controle](#)" (Mansur *et al.*, 2012). Especificamente para o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) e outros moluscos bivalves, recomendamos consultar o [Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento no Brasil](#) (IBAMA, 2020).

Outros invertebrados incrustantes

Controle mecânico

Envolve a retirada de indivíduos manualmente ou com o uso de ferramentas específicas, como espátulas para a raspagem de substratos consolidados ou ponteira e martelo. A técnica utilizada deve ser definida de acordo com a espécie-alvo, como o uso de ponteira, martelo e espátula para raspagem. Porém, é muito difícil retirar somente a espécie-alvo caso ela esteja incrustada entre espécies nativas. Ainda que possa haver algum impacto a espécies não alvo, é importante lembrar que a não realização do controle tende a permitir que a EEI elimine, gradualmente, as espécies nativas no local. Quanto maior o grau de dominância da espécie exótica, menor o impacto em espécies não alvo. Todo o material raspado deve ser acondicionado em sacos e/ou caixas e retirado da água. As ferramentas utilizadas para remoção mecânica devem ser mantidas sempre limpas e conservadas. Na maioria das vezes, assim que os indivíduos das espécies alvo do controle são removidas, basta mantê-las fora da água para que pereçam em pouco tempo. O material deve então ser descartado adequadamente, sendo em geral enviado para compostagem.

Invertebrados de vida livre

Controle mecânico

Envolve a retirada de indivíduos manualmente ou com o uso de ferramentas específicas, como armadilhas, redes ou puçás. A técnica utilizada deve ser ajustada à espécie-alvo – por exemplo, o tipo de armadilha/amostradores ou o tamanho das redes utilizadas devem

estar de acordo com o tamanho das espécies-alvo. É importante manter as ferramentas utilizadas para remoção mecânica sempre limpas e conservadas. Na maioria das vezes, assim que os indivíduos são removidos, basta mantê-los fora da água para que pereçam em pouco tempo.

2.3.7.1.3 Vertebrados

Peixes

Controle mecânico

Envolve a eliminação ou captura de indivíduos com o uso de ferramentas específicas, como armadilhas, redes, puçás, arpões e lanças. A técnica utilizada deve ser avaliada e ajustada à espécie-alvo. As ferramentas devem ser mantidas limpas e conservadas. Basta retirar da água as espécies-alvo para que pereçam em pouco tempo. Alguns métodos utilizados não permitem fazer distinção entre espécies exóticas e nativas, como a utilização de armadilhas para peixes, por exemplo. Ainda assim, as ações de controle devem ser executadas, sempre que possível com métodos ou equipamentos que permitam a triagem de espécies e posterior soltura de espécies nativas capturadas. Os principais métodos de controle mecânico estão descritos a seguir.

Mergulhadores utilizam um arpão ou lança para capturar o indivíduo da espécie-alvo. Esse método deve ser adequado ao grau de visibilidade do mergulhador no ambiente, sendo viável somente se houver boa transparência da água. Quanto menor for o tamanho do organismo, maior a dificuldade, sendo este método recomendado para espécies com mais de 20 cm de comprimento. O método exige experiência de parte do mergulhador, sendo preciso haver treinamento prévio, a fim de que apenas EEIs sejam atingidas. O arpão e a lança podem ser usados na captura de peixes exóticos, como, por exemplo, carpas e tucunarés.

Pesca elétrica

A pesca elétrica pode ser usada como método de controle de peixes exóticos. Uma corrente elétrica passa entre dois eletrodos submersos e cria um campo elétrico na água (Uieda; Castro, 1999; Alves *et al.*, 2021), podendo causar paralisia, deslocamento em direção ao cátodo ou ânodo, ou a morte do organismo-alvo. Caso os peixes exóticos capturados não pereçam com a intensidade e o tipo de corrente elétrica utilizada, deve ser realizada a eutanásia após o atordoamento. Ressalta-se que o emprego da pesca elétrica pode apresentar riscos a outras espécies, pois pode impactar espécies não alvo. Para o uso da pesca elétrica é preciso respeitar os protocolos de segurança e o uso de equipamentos de proteção individual, como macacões e luvas isolantes. De modo geral, é empregado para complementar outros métodos de controle em ambientes aquáticos, permitindo a remoção direta de espécimes.

Controle químico

Envolve o uso de produtos químicos, como venenos, em corpos d'água de tamanho restrito, onde o impacto tende a ser pontual. Antes da aplicação, é importante avaliar a resiliência do ambiente, ou seja, a capacidade de recuperação das populações atingidas, pois este método não é seletivo. O emprego de controle químico apresenta riscos ao ambiente,

requerendo a seleção cuidadosa de produtos adequados para uso no meio específico e, sempre que possível, deve ser realizado de forma contida. Também são utilizadas substâncias químicas para fins de eutanásia.

As toxinas mais utilizadas como ictiotóxicos são o timbó (pó resultante da ralação das raízes) ou a rotenona (produto industrializado), encontrada em plantas de seis gêneros de leguminosas. A rotenona mata o peixe por sufocamento em função de criar um bloqueio na transmissão de elétrons na cadeia respiratória. Informações sobre concentração, modo de aplicação, tempo de espera, coleta dos peixes e desintoxicação da água após o uso de rotenona podem ser consultados em Lagler (1971) e Malabarba e Reis (1987). O uso de veneno é indicado para controle de peixes exóticos invasores em ambientes de pequenas dimensões, como poças, lagoas e pequenos riachos, e deve ser realizado com extrema cautela. O manuseio de venenos deve ser feito com uso de equipamentos de proteção adequados a fim de não colocar a saúde das pessoas envolvidas em risco. Em ambientes de pequenas dimensões, após a eliminação de todos os indivíduos de peixes exóticos, recomenda-se acompanhar ou facilitar a recolonização do ambiente por espécies nativas.

Os peixes exóticos capturados podem ser eutanasiados com superexposição ao óleo de cravo-da-índia, benzocaína, eugenol, mentol ou outro anestésico (mais detalhes em Lucena *et al.*, 2013). Além disso, a eutanásia também pode ser realizada com o uso de uma solução de álcool etílico absoluto 99,5% PA e água na proporção de 1:1. Este procedimento é realizado em recipiente próprio com tampa, como vasilha, caixa ou galão. Em seguida, os indivíduos devem ser enterrados em local apropriado.

Anfíbios e quelônios

Controle mecânico

Envolve a eliminação ou captura de indivíduos com o uso de ferramentas específicas, como armadilhas, redes, puçás, arpões, lanças e armas de fogo. A técnica utilizada deve ser avaliada e ajustada à espécie-alvo. As ferramentas devem ser mantidas limpas e conservadas.

Um arpão ou uma lança são usados para atingir o indivíduo da espécie-alvo, levando o animal a óbito. Pode ser utilizado para animais de porte médio a grande, como a rã-touro (*Aquarana catesbeiana*) e o tigre-d'água *Trachemys* spp. A pessoa responsável pelo abate deve receber um treinamento prévio a fim de que apenas EEIs sejam atingidas e para assegurar que o uso desses instrumentos seja certo, evitando o sofrimento dos animais.

Recomenda-se o uso de arma de pressão por ação de gás comprimido e refil de gás, calibre 5,5 mm, para o abate de anfíbios, uma vez que quelônios têm carapaça para proteção e o tiro pode não ser efetivo. Desde que adquirida em comércio especializado brasileiro, o uso de armas de pressão de calibre inferior a 6,0 mm é permitido, e o porte é livre em todo o território nacional. A pessoa responsável pelo abate deve receber um treinamento prévio a fim de que apenas EEIs sejam atingidas e o tiro seja certo, evitando o sofrimento dos animais.

Controle químico

Envolve o uso de produtos químicos para fins de eutanásia. A eutanásia deve ser realizada com o uso de solução formada por álcool etílico absoluto 99,5% PA e água, na proporção de 1:1. Este procedimento é realizado em recipiente próprio com tampa, como vasilha, caixa ou galão. Em seguida, os indivíduos devem ser incinerados e enterrados em local apropriado.

2.3.7.1.4 Macrófitas aquáticas

Para macrófitas aquáticas utilizam-se os controles mecânico, químico e biológico. O conhecimento sobre a ecologia e a biologia da macrófita aquática facilita a tomada de decisão sobre os métodos mais adequados a cada situação e ambiente. Os principais métodos de controle de macrófitas aquáticas são discutidos a seguir e estão resumidos na Tabela 7.

Controle mecânico

Entre os procedimentos de controle comumente aplicados, o mais simples é semelhante à remoção manual de ervas daninhas no jardim, com emprego de pás, facas e bolsas vazadas para retirar e armazenar as plantas (frações aéreas, aquáticas e sob o sedimento). Em ambientes rasos, não há necessidade de equipamentos sofisticados, mas em águas profundas é necessária experiência e uso de equipamento de mergulho autônomo. Métodos de controle mecânico são recomendados para lagoas pequenas e ligeiramente invadidas por macrófitas. A vantagem é a precisão, pois permite a remoção unicamente das espécies desejadas, com mínimo impacto sobre as demais plantas presentes (Pompêo, 2008). Ancinhos ou ganchos robustos podem ser atirados diretamente sobre o banco de macrófitas aquáticas para posterior arraste até a margem, com uma embarcação ou manualmente. Outros procedimentos simples implicam o corte das macrófitas aquáticas enraizadas com um instrumento em forma de “V”, com lâminas cortantes na parte externa, que, ao ser lançado no interior do banco de plantas e puxado em direção à margem, corta a vegetação (Pompêo, 2017).

Tabela 7 – Métodos de controle de macrófitas aquáticas exóticas (Pompêo, 2008, 2017: [Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros](#))

Métodos de controle	Descrição
Controle mecânico	
Manual (coleta manual, ancinhos, ganchos, lâminas cortantes)	Remoção manual com pás, facas ou outros pequenos instrumentos de corte manuais. Ancinhos ou ganchos robustos podem ser atirados diretamente sobre o banco de macrófitas aquáticas para posterior corte ou arrasto até a margem, com embarcação ou manualmente.
Mecânico (dragagem, “rotovation”, lâminas deslizantes, escavadeiras, ceifadeiras)	A dragagem, feita por meio de mangueira e bomba, com auxílio de mergulhador autônomo, permite sugar o sedimento e todas as partes da macrófita aquática, inclusive as raízes. O rotovation é uma grande máquina com lâminas giratórias que revolvem o sedimento, removendo a vegetação enraizada. Já as ceifadeiras mecânicas são máquinas flutuantes de grande porte que, além de cortar, recolhem as partes vegetais. Fonte:)
Indireto (aplicação de barreira/cobertura do sedimento, ações na bacia hidrográfica, tingimento da água)	Objetiva reduzir ou bloquear a luz disponível, mediante, por exemplo, o encobrimento do sedimento com tela. A modificação da altura da lâmina de água permite o acúmulo ou a redução de água num reservatório, modificando o regime de luminosidade para as plantas submersas e reduzindo a área potencialmente colonizável para macrófitas emersas e submersas.
Controle biológico	
Fungos (bio-herbicida)	Fungos prospectados, isolados e multiplicados, a partir de laboratórios de pesquisa.
Controle químico	
Aplicação de herbicidas	Aspersão foliar de herbicidas formulados para uso no meio aquático a partir das margens ou de embarcações no corpo d’água.

Fonte: Pompêo, 2008; Pompêo, 2017.

O uso de lâminas deslizantes que se movimentam umas sobre as outras, utilizadas na poda da vegetação localizada abaixo da lâmina de água, é considerado o procedimento mais simples. A dragagem é feita utilizando uma mangueira e bomba de sucção manuseadas por um mergulhador autônomo para sugar o sedimento e as macrófitas aquáticas, inclusive as raízes. O “rotovation” é uma grande máquina com lâminas giratórias que revolvem o sedimento, removendo a vegetação enraizada. Já as ceifadeiras mecânicas são máquinas flutuantes de grande porte que, além de cortar, recolhem as macrófitas aquáticas.

Outra alternativa é cobrir o sedimento com lona ou outro material que permita reduzir ou bloquear a luz solar disponível. Com isso, o crescimento de macrófitas aquáticas enraizadas é prejudicado, sendo o ambiente aquático também modificado temporariamente. Outro método indireto é a alteração da altura da lâmina de água em reservatórios, que leva à modificação do regime de luminosidade para plantas submersas e reduz a área potencialmente colonizável para macrófitas emersas e submersas. Além disso, em períodos de águas baixas em reservatórios, cria-se um déficit hídrico nas

partes expostas do sedimento, interferindo na colonização e no desenvolvimento da vegetação aquática. Pode-se ainda tingir a água, reduzindo a penetração da luz, o que impacta a biota aquática em geral. Por fim, ações na bacia hidrográfica, tais como o controle de uso e ocupação, têm impacto sobre a qualidade da água dos reservatórios e, indiretamente, sobre o crescimento de macrófitas aquáticas, que se beneficiam de cargas de efluentes (Gibbons *et al.*, 1994).

Controle biológico

O controle biológico de plantas aquáticas é uma técnica que utiliza organismos vivos para controlar ou reduzir populações de espécies de plantas indesejáveis. É considerado um método barato em comparação com outros procedimentos de controle, porém de baixa eficácia e não específico para espécies-alvo, como seria desejável no caso de EEIs. Embora peixes herbívoros (mais comumente carpas, que são exóticas e invasoras e não podem ser introduzidas em ambientes naturais) sejam frequentemente utilizados para controlar o desenvolvimento de vegetação, eles não têm dieta específica e se alimentam de muitos itens, tendendo a consumir também espécies nativas. Portanto, não são seletivos quanto aos itens alimentares e, por essa razão, não podem ser considerados agentes de controle biológico. Recomenda-se manter ou restaurar a integridade do sistema aquático, com espécies nativas exercendo naturalmente o papel de agentes de controle biológico. O pacu (*Piaractus mesopotamicus*), por exemplo, é utilizado em estudos como potencial agente de controle biológico de diversas macrófitas aquáticas no Brasil (Miyazaki; Pitelli, 2003), porém é nativo apenas na bacia amazônica. Sua introdução para este fim fora da área de distribuição natural pode gerar outros tipos de impacto sobre o ambiente e a biota. Além disso, a translocação de espécies entre bacias é crime ambiental, devendo-se empregar apenas espécies nativas locais.

O fungo *Fusarium graminearum* tem sido eficaz no controle de *Egeria* spp. Há indícios de que o uso de larvas de Lepidoptera pode ser empregado no controle de macrófitas (Pompêo, 2017), porém as informações ainda são incipientes para aplicação direta. O controle biológico precisa ser realizado com base científica seguindo protocolos específicos por instituições especializadas no assunto e depende de autorização do órgão responsável.

Controle químico

O controle químico de macrófitas aquáticas é realizado com aspersão foliar de herbicidas registrados para uso aquático. Esses produtos são distintos de outros herbicidas usados em ambientes terrestres porque não podem conter certos ingredientes como espalhantes adesivos, para evitar problemas de oxigenação na água. Embora amplamente utilizados em vários países, no Brasil o Fluridone é o único princípio ativo de herbicida registrado no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para controle de macrófitas aquáticas até a presente data, indicado para as espécies *Egeria densa* e *Egeria najas* em reservatórios de hidrelétricas, e seu emprego depende de autorização do órgão competente. Outros ingredientes ativos têm sido testados experimentalmente em sistemas fechados. O registro de produtos adicionais no MAPA, ANVISA e IBAMA é importante para viabilizar o controle desse grupo de plantas. A eficácia do contro-

le químico varia entre aplicações e depende de fatores da qualidade da água, como turbidez, pH, condutividade elétrica e temperatura. Em corpos de água de maior profundidade, como lagoas e represas, melhores resultados são obtidos com aplicações setorizadas em baixas doses, o que permite um controle das plantas daninhas mais eficiente e com menor risco para espécies não alvo e para a fauna associada.

O manejo integrado, que combina diferentes métodos, tende a apresentar melhor eficácia no controle e é mais comumente utilizado para melhorar os resultados e as oportunidades de erradicação de focos de invasão biológica. Ressaltamos que o emprego de controle químico somente pode ser realizado com produtos registrados para essa finalidade específica e com todos os cuidados recomendados.

2.3.8 Monitoramento posterior e repasse

Esta etapa é realizada após as ações de resposta rápida para verificar a eficácia dos resultados de controle, monitorar o surgimento de novos focos de invasão e, em caso positivo, continuar com as ações de resposta. Esta etapa foi detalhada anteriormente na descrição da vistoria, que envolve a possibilidade de erradicação imediata (**P16** e **P17**), assim como a repetição de esforços de controle (repasse do controle) com a aplicação dos mesmos métodos ou de métodos ajustados para melhorar a eficácia dos resultados, com vistas a atingir a erradicação e o encerramento do Protocolo (**P6**).

Dois exemplos de aplicação do Protocolo para o ambiente dulcícola estão disponíveis no Apêndice 5.

2.3.8.1 Avaliação de eficácia das ações de resposta

A avaliação de eficácia das ações de resposta (**P15**) precisa ser realizada a fim de:

- a) verificar se os métodos de controle aplicados estão funcionando ou não (**P15**), caso em que precisam ser revistos e ajustados para ganharem eficácia (voltar à etapa **P28**);
- b) fundamentar a tomada de decisão quanto à continuidade ou não das ações de controle com vistas à erradicação (**P17**).

Independentemente do ambiente, o que se busca em medidas de controle é idealmente a erradicação da EEI. A maior parte dos métodos empregados são mecânicos e a sua eficácia depende do nível da invasão e da resposta rápida. Sendo assim, quanto mais rápido ocorrer a detecção, maior será a eficácia do método empregado, pois menores serão as chances de a espécie-alvo ter se reproduzido, e presumivelmente ainda ocupará uma área pequena.

O que se busca com as ações de controle é a diminuição da população da EEI, preferencialmente até a erradicação. Por isso, as medições de eficácia de uma ação de resposta devem ser baseadas na verificação de diminuição ou não da população da espécie-alvo. Para obter essas informações, é preciso realizar monitoramento. O tipo de monitoramento a ser empregado depende da espécie e do local. A Rede de Colaboradores pode apoiar essas definições quando necessário. Por exemplo: foi realizado monitoramento da população de



uma macroalga exótica invasora através de transectos para estimar o tamanho da área de invasão; após as ações de resposta rápida, no monitoramento seguinte, a população dessa macroalga invasora deverá ser menor.

Podemos considerar que, se a população da EEI diminuiu ou foi erradicada após as primeiras ações de resposta rápida, o controle teve boa eficácia; se continuou do mesmo tamanho, a eficácia foi baixa; e, se a população aumentou, não foi eficaz. Nesse último caso, será necessário retornar às ações de planejamento para definir outro método ou ajustar o utilizado, para que o controle possa ser mais eficaz. Se, depois de todas as tentativas possíveis (métodos, parcerias, recursos etc.), a população da EEI não for reduzida, será preciso discutir se as ações devem continuar no âmbito da detecção precoce ou ser transferidas para outro programa, levando ao encerramento do Protocolo, já que possivelmente passará a ser um caso de controle continuado.

Caso a erradicação não seja possível logo nas primeiras ações de resposta, espera-se que se retire pelo menos 80% da população invasora para que o método utilizado demonstre boa eficácia e para que diminua o esforço em cada repasse realizado, aumentando as chances de erradicação.



Trachemys scripta elegans
©Harish Segar - WWF



3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos desafios precisam ser vencidos para que a implementação de programas de detecção precoce e resposta rápida possa ser realizada com sucesso, o que inclui a formação de pessoas para que o processo seja compreendido e posto em prática de forma eficaz, com base no estabelecimento das Redes de Apoio e de Colaboradores. Para tanto, é também essencial prover segurança jurídica para as pessoas envolvidas, com processos ágeis de concessão de autorizações para coleta de espécimes e ações de controle.

A integração e a comunicação entre as instituições e pessoas envolvidas nas ações de resposta rápida são essenciais para o funcionamento e a efetividade dessas ações. A participação de especialistas na escolha de métodos de monitoramento e controle para diferentes grupos de organismos pode ser de grande valia, pois sua definição envolve múltiplos fatores e condições ambientais que precisam ser levados em conta.

Considerando que, uma vez em funcionamento, o órgão ambiental competente pode receber um número de notificações que extrapola a capacidade de resposta das organizações envolvidas, a análise dos casos é fundamental para que os recursos disponíveis sejam aplicados a situações com maior viabilidade de erradicação de EEIs e/ou focos de invasão biológica. Em função dessa realidade, o Protocolo foi ajustado para focar em espécies de alto risco, buscando-se soluções paralelas para espécies de risco moderado e de risco baixo, que requerem monitoramento, na medida do possível. As ações de resposta devem ter foco em situações viáveis e os resultados devem ser amplamente divulgados a fim de estimular a replicação das iniciativas no território nacional.

Técnicas novas de monitoramento, como o uso de DNA ambiental, podem contribuir com ações de detecção precoce e resposta rápida para EEIs dulcícolas. O uso de DNA ambiental e DNA *barcoding* para a identificação precisa de espécies são ferramentas úteis para viabilizar a rápida tomada de decisão, que é essencial para a erradicação e o controle de EEIs antes que possam se estabelecer e disseminar. Deve ser dada atenção especial ao monitoramento em reservatórios de usinas hidrelétricas e de abastecimento de água, pois são ambientes caracteristicamente povoados com EEIs aquáticas. Da mesma forma, portos de água doce tendem a ser suscetíveis a processos de invasão devido ao aporte da água de lastro e de embarcações que podem estar contaminadas por bioincrustação. O estabelecimento de medidas preventivas à introdução de espécies por vias/vetores comuns nesses locais é importante para diminuir a chegada de propágulos.

Áreas prioritárias para monitoramento de EEIs podem ser indicadas a partir de modelagem ambiental. Modelos de distribuição de espécies ou modelagem de nicho podem ser elaborados com o uso de modelos matemáticos computacionais que combinam informações ambientais com características biológicas e ecológicas de espécies-alvo, indicando áreas de alta suscetibilidade à invasão. Com esses dados, é possível antecipar ações que previnam a introdução, facilitem a detecção precoce e viabilizem a erradicação de EEIs.

Para organismos planctônicos, não há métodos consolidados para erradicação e controle, sendo a prevenção à introdução a melhor alternativa. Espécies aquáticas sésseis são localizadas mais facilmente em vistorias do que as de vida livre e natantes. Ainda assim, todos os grupos biológicos devem ser considerados. Se houver diferenciação entre grupos ou espécies, esta deve ser fundamentada no grau de risco de invasão e no grau de impacto potencial ou impacto causado em outros locais. O Protocolo dá prioridade a espécies de risco alto, para maximizar as oportunidades de erradicação de espécies agressivas e de alto impacto ambiental e proteger a diversidade biológica. Não obstante, espécies de risco moderado, assim como focos de invasão em estágios médio e avançado, precisam ser informadas às autoridades e não devem ser menosprezadas.

É importante ressaltar a necessidade de preparo técnico ou treinamento específico de pessoas para a realização de ações de controle, assim como de obtenção das autorizações necessárias. O tratamento dessas questões está integrado à etapa de preparo do PNADPRR, envolvendo melhoria nos marcos legais vigentes a fim de viabilizar e agilizar a aplicação de ações de resposta.

A detecção precoce e a resposta rápida contra EEIs ainda são pouco abordadas em estudos realizados em ambientes de água doce no país. Com a priorização de áreas para monitoramento de espécies exóticas, colaboração de programas já existentes e aplicação de metodologias consagradas juntamente com ferramentas genéticas, torna-se factível erradicar e controlar EEIs dulcícolas. Apesar disso, deve-se considerar a baixa viabilidade de erradicação de EEIs em ambientes dulcícolas. A turbidez da água, a profundidade e o difícil acesso a determinados locais, assim como a mobilidade das espécies, dentre outras características, dificultam a erradicação. Ainda nesses ambientes, o controle mecânico tende a ser pouco eficiente, enquanto o controle químico pode afetar organismos diferentes da espécie-alvo. Em muitos casos, ovos e sementes de EEIs não são facilmente detectados, podendo sobreviver e se dispersar pelo ambiente. Portanto, a detecção de uma EEI muitas vezes ocorre apenas quando já está estabelecida e em processo de invasão.

Pessoas interessadas em contribuir com programas de detecção precoce e resposta rápida devem compreender o escopo de cada programa, os objetivos principais e os preceitos utilizados. É importante que profissionais vinculados a esses programas se atualizem continuamente sobre métodos de detecção precoce e alternativas de erradicação e controle. Além disso, o apoio à formação de novos colaboradores é extremamente necessário e de alto valor para qualificar a atuação dos agentes e melhorar a eficácia da detecção precoce e das ações de resposta rápida.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, A. A., L. C. GOMES, PELICICE, F. M. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. EDUEM, Maringá.
- AGOSTINIS, A. O. 2016. Desenvolvimento de marcador molecular na detecção da espécie invasora *Cordylophora caspia* (cnidaria) utilizando DNA ambiental. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ALMEIDA, F. S., FRANTINE-SILVA, W., LIMA, S. C., GARCIA, D. A. Z., ORSI, M. L. 2017. DNA barcoding as a useful tool for identifying non-native species of freshwater ichthyoplankton in the neotropics. *Hydrobiologia*, DOI: 10.1007/s10750-017-3443-5
- ALVES, C. B. M., POMPEU, P. S., MAZZONI, R., BRITO, M. F. G. 2021. Avanços em métodos de coleta de peixes e caracterização de habitat de riachos tropicais. *Oecologia Australis*, 25(2): 246-265. DOI: 10.4257/oeco.2021.2502.03
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19. ed. Washington: American Public Health Association: American Water Works Association: Water Pollution Control Federation.
- ANA, CETESB. 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. CETESB/ANA, São Paulo/Brasília Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/Guia-NacionalDeColeta.pdf>.
- ANGELO A. AGOSTINHO, FERNANDO M. PELICICE, L. C. G. & H. F. J. J. 2010. Estocagem de peixes: quando um mais um pode ser menos que dois. *Bol. da Sociedade Bras. Ictiol.* 100: 49–53.
- AZEVEDO-SANTOS, V. M., Rigolin-Sá, O., Pelicice, F. M. 2011. Growing, losing or introducing? Cage aquaculture as a vector for the introduction of non-native fish in Furnas Reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 9(4). DOI: 10.1590/S1679-62252011000400024
- AZEVEDO-SANTOS, V. M., VITULE, J. R. S., GARCÍA-BERTHOUE, E., PELICICE, F. M., SIMBERLOFF, D. 2016. Misguided strategy for mosquito control. *Science*, 351(6274), p. 675. DOI: 10.1126/science.351.6274.675
- BAHLS, L. L. 1993. Periphyton bioassessment methods for Montana streams. Helena: Montana Water Quality Bureau, Department of Health and Environmental Science.
- BASE DE DADOS NACIONAL DE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS 2022. Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Florianópolis – SC.
- BERRY, O., KIRKWOOD, R. 2010. Measuring recruitment in an invasive species to determine eradication potential. *The Journal of Wildlife Management*, 74(8). DOI: 10.2193/2009-482
- BEZERRA-NETO, J., AGUILA, L. M. R., LANDA, G. G., PINTO-COELHO, R. M. 2004. The exotic rotifer *Kellicottia bostoniensis* (Rousselet, 1908) (Rotifera: Brachionidae) in the zooplankton community in a tropical reservoir. *Lundiana* 5 (2): 151-153.

- BIALETZKI, A., GARCIA, D. A. Z., ORSI, M. L. 2016. O estudo de ovos e larvas de peixes. In: ORSI, M. L., ALMEIDA, F. S., SWARÇA, A. C., GARCIA, A. C., VIANNA, N. C., GARCIA, D. A. Z., BIALETZKI, A. (Org.). Ovos, larvas e juvenis dos peixes do rio Paranapanema: uma avaliação para conservação. Assis: Triunfal Gráfica e Editora. p. 17-24.
- BOHMANN, K., EVANS, A., GILBERT, M. T. P., CARVALHO, G. R., CREER, S., KNAPP, M., YUM D. W., DE BRUYN, M. 2014. Environmental DNA for wildlife biology and biodiversity monitoring. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(6): 358-367.
- BOLTOVSKOY, D., and N. CORREA. 2015. Ecosystem impacts of the invasive bivalve *Limnoperna fortunei* (golden mussel) in South America. *Hydrobiologia* 746: 81–95. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10750-014-1882-9>.
- BUTCHART, S. H. M. *et al.* 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 328(5892): 1164-1168.
- CARNELÓS, R. C., and E. BENEDITO-CECILIO. 2002. Reproductive Strategies of *Plagioscion squamosissimus* Heckel, 1840 (Osteichthyes Sciaenidae) in the Itaipu Reservoir, Brazil. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* 45: 317–324. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-89132002000300010&lng=en&tlng=en.
- CASATTI, L. 1996. Biologia e ecomorfologia de peixes de um trecho de corredeiras no curso superior do Rio São Francisco, São Roque de Minas, MG. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. 90 pp.
- CASIMIRO, A. C. R., GARCIA, D. A. Z., VIDOTTO-MAGNONI, A. P., BRITTON, J. R., AGOSTINHO, A. A., ALMEIDA, F. S., ORSI, M. L. 2018. Escapes of non-native fish from flooded aquaculture facilities: the case of Paranapanema River, southern Brazil. *Zoologia*, 35: 1–6. DOI: 10.3897/zoologia.35.e14638
- CETESB. 2013. Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais. Governo do Estado São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2015/01/manual-cianobacterias-2013.pdf>.
- CONAMA. 2015. Resolução Conama nº 467, de 16 de julho de 2015. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2015/res_conama_467_2015_dispoe_critérios_autorização_uso_produtos_agentes_processos_físicos_químicos_biológicos_controle_organismos_contaminantes_corpos_hídricos_superficiais.pdf.
- CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY (CBD). 2014. Pathways of introduction of invasive species, their prioritization and management. (5 May 2014; <https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-18/official/sbstta-18-09-add1-en.pdf>).
- CRUZ, P. R., I. DE P. AFFONSO, and L. C. GOMES. 2016. Ecologia de ictioplâncton: uma abordagem cienciométrica. *Oecologia Aust.* 20: 436–450. Disponível em: <https://revistas.ufrrj.br/index.php/oa/article/view/8405>.
- DORIA, C. R. C., AGUDELO, E., AKAMA, A. *et al.* 2021. The silent threat of non-native fish in the Amazon: ANNF Database and Review. *Frontiers in Ecology and Evolution*. DOI: 10.3389/fevo.2021.646702

- ENDO, N., NOGATA, Y. 2012. Método de detecção e quantificação de larvas do mexilhão dourado *Limnoperna fortunei*, usando PCR quantitativo em tempo real. In M. C. D. MANSUR, C. P. SANTOS, P. D., I. C. PAZ, M. L. L. ZURITA, M. T. RAYA-RODRIGUEZ, M. V. NEHRKE, P. E. A. BERGONCI (Eds.) Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. pp. 149–153, Redes Editora, Porto Alegre.
- ESSL, F. *et al.* 2015. Crossing Frontiers in Tackling Pathways of Biological Invasions. *Bioscience* 65: 769–782. Disponível em: <http://academic.oup.com/bioscience/article/65/8/769/240282/Crossing-Frontiers-in-Tackling-Pathways-of>
- ESSL, F., BACHER, S., BLACKBURN, T. M., BOOY, O., BRUNDU, G., BRUNEL, S., CARDOSO, A-C., ESCHEN, R., GALLARDO, B., GALIL, B., GARCÍA-BERTHOUE, E., GENOVESI, P., GROOM, Q., HARROWER, C., HULME, P.E., KATSANEVAKIS, S., KENIS, M., KÜHN, I., KUMSCHICK, S., MARTINOU, A. F., NENTWIG, W., O'FLYNN, C., PAGAD, S., PERGL, J., PYŠEK, P., RABITSCH, W., RICHARDSON, D. M., ROQUES, A., ROY, H. E., SCALERA, R., SCHINDLER, S., SEEBENS, H., VANDERHOEVEN, S., VILÀ, M., WILSON, J. R. U., ZENETOS, A. AND JESCHKE, J. M. 2015. Crossing frontiers in tackling pathways of biological invasions. *BioScience*, 65: 769-782.
- ESTEVEZ, F. A. 2011. Fundamentos de Limnologia 3rd ed. Editora Interciência, Rio de Janeiro.
- EUROPEAN COMMISSION. 2011. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020. COM/2011/0244_final.
- FAULKNER, K. T., M. P. ROBERTSON, M. ROUGET, WILSON, J. R. U. 2016. Understanding and managing the introduction pathways of alien taxa: South Africa as a case study. *Biological Invasions* 18: 73-87.
- FERRAZ, J. D., A. C. R. CASIMIRO, A. D. PEREIRA, D. A. Z. GARCIA, L. R. JARDULI, A. L. B. MAGALHÃES, AND M. L. ORSI. 2019. AQUARISMO "JUMBO": REPRESENTA UM POTENCIAL PARA INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES NO BRASIL? *OECOLOGIA AUST.* 23: 519–535. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/19007>.
- FERRONATO, B. O., T. S. MARQUES, I. GUARDIA, A. B. LONGO, C. I. PIÑA, J. BERTOLUCI, AND L. M. VERDADE. 2009. The turtle *Trachemys scripta elegans* (Testudines, Emydidae) as an invasive species in a polluted stream of southeastern Brazil. *Herpetol. Bull.*
- FILIZOLA, H. F., M. A. F. GOMES, AND M. D. DE SOUZA. 2006. Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129660/1/2006OL-008.pdf>.
- FONSECA, É., C. BOTH, S. Z. CECILIN, AND G. WINCK. 2021. Pet distribution modelling: Untangling the invasive potential of *Trachemys dorbigni* (Emydidae) in the Americas. *PLoS One* 16.
- FULAN, J. A. 2009. Metodologias de amostragem em macrófitas e seu efeito na abundância de Odonata. *Estudos em Biologia*, 31(73/74/75): 67-73.

- GARCIA, D. A. Z. *et al.* 2022. More of the same: new policies continue fostering the use of non-native fish in Brazil. *Environmental Conservation*, 49: 1-4. DOI: 10.1017/S0376892922000029
- GARCIA, D. A. Z., BRITTON, J. R., VIDOTTO-MAGNONI, A. P. & ORSI, M. L. 2018. Introductions of non-native fishes into a heavily modified river: rates, patterns and management issues in the Paranapanema River (Upper Paraná ecoregion, Brazil). *Biological Invasions*, 20(5): 1229-1241. DOI: 10.1007/s10530-017-1623-x
- GARCIA, D. A. Z., PELICICE, F. M., BRITO, M. F. G., ORSI, M. L., MAGALHÃES, A. L. B. 2021. Peixes não-nativos em riachos no Brasil: estado da arte, lacunas de conhecimento e perspectivas. *Oecologia Australis* 25(2): 565-587. DOI: 10.4257/oeco.2021.2502.21
- GIBBONS, M. V., H. L. J. GIBBONS, M. D. SYTSMA. 1994. A Citizen's Manual for Developing Integrated Aquatic Vegetation Management Plans First Edition 1st ed. Washington Department of Ecology. Water Quality Financial Assistance Program, Washington, DC. Disponível em: <https://apps.ecology.wa.gov/publications/documents/93093.pdf>.
- GIOVANELLI, A., C. L. P. A. COELHO DA SILVA, G. B. ECCARD LEAL, AND D. F. BAPTISTA. 2005. Habitat preference of freshwater snails in relation to environmental factors and the presence of the competitor snail *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 100.
- GOVEDICH, F. R., B. A. BAIN, M. BURD, R. W. DAVIES. 2003. Reproductive biology of the invasive Asian freshwater leech *Barbronia weberi* (Blanchard, 1897). *Hydrobiologia*, 510: 125-129. DOI: 10.1023/B:HYDR.0000008638.87536.b0
- GRAÇA, W. J., C. S. PAVANELLI. 2007. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes. EDUEM, Maringá.
- GUBIANI, É. A., R. RUARO, V. R. RIBEIRO, A. C. A. EICHELBERGER, R. F. BOGONI, A. D. LIRA, D. CAVALLI, P. A. PIANA, AND W. J. DA GRAÇA. 2018. Non-native fish species in Neotropical freshwaters: how did they arrive, and where did they come from? *Hydrobiologia* 817.
- HARROWER, C. A., R. SCALERA, S. PAGAD, K. SCHÖNRÖGGE, H. ROY. 2018. Guidance for Interpretation of the Categories on Introduction Pathways Under the Convention on Biological Diversity. CBD/SBSTTA/22/INF/9. Disponível em: <https://www.cbd.int/doc/c/9d85/3bc5/d640f059d03acd717602cd76/sbstta-22-inf-09-en.pdf>
- HAVEL, J. E., LEE, C. E., VANDER ZANDEN, M. J. 2005. Do reservoirs facilitate invasions into landscapes? *BioScience*, 55: 518.
- HULME, P. E. 2009. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46: 10-18.
- IBAMA. 2020. Plano nacional de prevenção, controle e monitoramento do mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) no Brasil. Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF.
- JOHNSON, P. T. J., OLDEN J. D., VANDER ZANDEN M. J. 2008. Dam invaders: impoundments facilitate biological invasions into freshwaters. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6: 357-363.

- KELLY, R. P., PORT, J. A., YAMAHARA, K. M., CROWDER, L. B. 2014. Using Environmental DNA to Census Marine Fishes in a Large Mesocosm. PLoS ONE, 9(1): doi.org/10.1371/journal.pone.0086175
- KOHLER, K. E., GILL, S. M. 2006. Coral Point Count with Excel Extensions (CPCe): a visual basic program for the determination of coral substrate coverage using random point count methodology. Computers & Geosciences, 32(9): 1259-1269.
- LAGLER, K. F. 1971. Capture, sampling and examination of fishes. In: Ricker, W. E. (ed.). Methods for assessment of fish production in freshwater. Blackwell, Oxford & Edinburgh.
- LOBOS, G., P. CATTAN, C. ESTADES, and F. M. JAKSIC. 2013. Invasive African clawed frog *Xenopus laevis* in southern South America: Key factors and predictions. Stud. Neotrop. Fauna Environ. 48.
- LUCENA, C. A. S., CALEGARI, B. B., PEREIRA, E. H. L., DALLEGRAVE, E. 2013. O uso de óleo de cravo na eutanásia de peixes. Boletim da Sociedade Brasileira de Ictiologia, 105: 20-24.
- MAGALHÃES, A. L. B., DAGA, V. S., BEZERRA, L. A. V., VITULE, J. R. S., JACOBI, C. M., SILVA, L. G. M. 2020. All the colors of the world: biotic homogenization-differentiation dynamics of freshwater fish communities on demand of the Brazilian aquarium trade. Hydrobiologia, 847: 3897-3915. DOI: 10.1007/s10750-020-04307-w
- MALABARBA, L. R., REIS, R. E. 1987. Manual de técnicas para preparação de coleções zoológicas. Sociedade Brasileira de Zoologia, 36: 1-14.
- MANSUR, M. C. D., C. P. DOS SANTOS, D. PEREIRA, I. C. P. PAZ, M. L. L. ZURITA, M. T. R. RODRIGUEZ, M. V. NEHRKE, P. E. A. BERGONCI. 2012. Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, preservação e controle. Redes Editora, Porto Alegre.
- MANSUR, M. C. D., D. M. PIMPÃO, P. E. A. BERGONCI, C. P. SANTOS, G. C. S. FIGUEIREDO. 2012. Morfologia e ciclo larval comparados de bivalves límnicos invasores e nativos. In M. C. D. MANSUR, C. P. SANTOS, P. D., I. C. PAZ, M. L. L. ZURITA, M. T. RAYA-RODRIGUEZ, M. V. NEHRKE, P. E. A. BERGONCI (Eds.) Moluscos límnicos invasores no Brasil. Porto Alegre: Redes Editora. p. 95-110.
- MCGEOCH M., GENOVESI P., BELLINGHAM P.J., COSTELLO M.J., MCGRANNACHAN C., SHEPPARD A. 2016. Prioritizing species, pathways, and sites to achieve conservation targets for biological invasion. Biological Invasions 18: 299-314. DOI 10.1007/s10530-015-1013-1
- MCGEOCH, M.A. AND SQUIRES, Z.E. 2015. An Essential Biodiversity Variable approach to monitoring biological invasions: Guide for Countries. GEO BON Technical Series 2, 13 pp. <http://www.geobon.org/Downloads/reports/GEOBON/2015/MonitoringBiologicalInvasions.pdf>
- MENEZES, R. C., TORTELLY, R., TORTELLY-NETO, R., NORONHA, D., PINTO, R. M. 2006. *Camallanus cotti* Fujita, 1927 (Nematoda, Camallanoidea) in ornamental aquarium fishes: pathology and morphology. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 101: 683-687.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005. Ecosystems and human well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.

- MIYAZAKI, D. M. Y., PITELLI, R. A. 2003. Estudo do potencial do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) como agente de controle biológico de *Egeria densa*, *E. najas* e *Ceratophyllum demersum*. Planta Daninha 21: 53–59.
- MUGNAI, R., NESSIMIAN, J. L., BAPTISTA, D. F. 2010. Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Technical Books. 176 p.
- NAKATANI, K., AGOSTINHO, A. A., BAUMGARTNER, G., BIALETZKI, A., SANCHES, P. V., MAKRAKIS, M. C., PAVANELLI, C. S. 2001. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. Maringá: Eduem. 378 p.
- ORSI, M. L., ALMEIDA, F. S., SWARÇA, A. C., GARCIA, A. C., VIANNA, N. C., GARCIA, D. A. Z., BIALETZKI, A. 2016. Ovos, larvas e juvenis dos peixes do Rio Paranapanema, uma avaliação para conservação. Assis: Triunfal Editora e Editora. 136 p.
- ORTEGA, J. C. G., JÚLIO JR, H. F., GOMES, L. C., AGOSTINHO, A. A. 2015. Fish farming as the main driver of fish introductions in Neotropical reservoirs. Hydrobiologia, 746: 147–158. DOI: 10.1007/s10750-014-2025-z
- PADIAL, A., AGOSTINHO, A. A., AZEVEDO-SANTO, V. M. A., FREHSE, F. A., LIMA-JUNIOR, D. P., MAGALHÃES, A. L. B., MORMUL, R. P., PELICICE, F. M., BEZERRA, L. A. V., ORSI, M. L., PETRERE-JUNIOR, M., VITULE, J. R. S. 2017. The Tilapia Law encouraging non-native fish threatens Amazonian River basins. Biodiversity and Conservation, 26: 246–246. DOI: 10.1007/s10531-016-1229-0
- PEIRÓ, D. F., H. H. SAULINO, G. R. GORNI, J. J. CORBI, A. P. VANTE, AND G. AMARAL. 2013. Insetos Aquáticos Associados a Macrófitas Submersas com Diferentes Complexidades Morfológicas. Rev. Bras. Multidiscip. 16: 133. Disponível em: <http://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/51>.
- PELICICE, F. M., AGOSTINHO, A. A. 2009. Fish fauna destruction after the introduction of a nonnative predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. Biological Invasions, 11: 1789–1801. DOI: 10.1007/s10530-008-9358-3
- PELICICE, F. M., AGOSTINHO, A. A., AKAMA, A., 2021. Large-scale Degradation of the Tocantins-Araguaia River Basin. Environmental Management, 68: 445–452. DOI: 10.1007/s00267-021-01513-7
- PEREIRA, L. S., NEVES, R. A. F., MIYAHIRA, I. C., KOZLOWSKY-SUZUKI, B., CASTELO BRANCO, C. W., DE PAULA, J. C., DOS SANTOS, L. N. 2017. Non-native species in reservoirs: how are we doing in Brazil? Hydrobiologia, DOI: 10.1007/s10750-017-3446-2
- POMPÊO, M. 2008. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. Oecologia Australis, 12: 406–424.
- POMPÊO, M. 2017. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas em reservatórios tropicais brasileiros 1ª ed. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências, São Paulo. 138 p. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/portal/macrophytes/all_book.pdf
- RIBEIRO, L. P., AND L. F. TOLEDO. 2022. An overview of the Brazilian frog farming. Aquaculture 548: 737623. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848621012862>.

- RIBOLLI, J., S. CASSOL, S. H. SILVA, E. ZANIBONI FILHO, F. L. ZACCHI, J. J. MATTOS, G. F. M. CARDOSO, NUÑER, A. P. O. 2021. Optimized and validated protocol to the detection of the invasive bivalve *Limnoperna fortunei* from eDNA plankton samples. Acta Limnologica Brasiliensia 33. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-975X2021000100301&tlng=en
- SILVA, F. A., N. P. U. BARBOSA, R. S. PAULA, V. A. CARVALHO, A. CORRÊA, A. V. CARDOSO, M. D. DE CARVALHO. 2016. Mexilhão-Dourado: Detecção de um perigoso invasor. Ciência Hoje 57: 38-42.
- SILVA, L. N. DA, C. M. DE MEDEIROS, K. P. CAVALCANTE, L. DE S. CARDOSO. 2019. Invasion and establishment of *Ceratium furcoides* (Dinophyceae) in an urban lake in Porto Alegre, RS, Brazil. Acta Botanica Brasilica 33: 654-663. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-3062019000400654&tlng=en
- SILVA, R. A., I. A. MARTINS, AND D. DE C. ROSSA-FERES. 2008. Bioacústica e sítio de vocalização em taxocenoses de anuros de área aberta no noroeste paulista. Biota Neotrop. 8: 123-134. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032008000300012&lng=pt&tlng=pt.
- SILVEIRA, L. F., B. DE M. BEISIEGEL, F. F. CURCIO, P. H. VALDUJO, M. DIXO, V. K. VERDADE, G. M. MATTOX, AND P. T. CUNNINGHAM. 2010. Para que servem os inventários de fauna? Estud. Avancados 24.
- SOTERO-SANTOS, R. B., CARVALHO, E. G., DELLAMANO-OLIVEIRA, M. J., ROCHA, O. 2008. Occurrence and toxicity of an *Anabaena* bloom in a tropical reservoir (Southeast Brazil). Harmful Algae 7: 590-598.
- STEVENSON, R. J., BAHLS, L. L. 2005. Peryphyton protocols. In: Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish. 2ª ed. Disponível em: [http:// www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/](http://www.epa.gov/owow/monitoring/rbp/). Acesso em: 6 jun. 2005.
- THOMAZ, S. M., BINI, L. M., PAGIORO, T. A. 2004. Métodos em limnologia: macrófitas aquáticas. In.: Bicudo, C. E. M., Bicudo, D. C. (Ed.). Amostragem em limnologia. São Carlos: Rima Editora, p. 193-212.
- TSCHÁ, M. K., R. PATELLA, A. OSTRENSKY, W. A. BOEGER. 2012. O método molecular de prospecção do mexilhão-dourado. IN M. C. D. MANSUR, C. P. SANTOS, P. D., I. C. PAZ, M. L. L. ZURITA, M. T. RAYA-RODRIGUEZ, M. V. NEHRKE, P. E. A. BERGONCI (EDS.) Moluscos límnicos invasores no Brasil: biologia, prevenção e controle. pp. 143-148, Redes Editora, Porto Alegre.
- TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M. 2008. Limnologia. São Paulo: Oficina dos Textos.
- UIEDA, V. S., CASTRO, R. M. C. 1999. Coleta e fixação de peixes de riachos. Pp. 01-22. In: CARAMASCHI E. P.; MAZZONI, R., PERES-NETO, P. R. (Eds.). Ecologia de Peixes de Riachos. Série Oecologia Brasiliensis, vol. VI. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil.
- VIEIRA, R. DE S., E. C. C. DE OLIVEIRA, E. M. F. RICARTE, J. L. G. RODRIGUES, D. S. VIEIRA, S. A. DE ALENCAR, R. N. P. TEIXEIRA, and S. R. LACERDA. 2020. Dominância de Cianobactérias na composição do Fitoplâncton em Reservatório de abastecimento no Semiá-

rido Cearense. Res. Soc. Dev. 9: e339119476. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/9476>.

VITULE, J. 2009. Introdução de peixes em ecossistemas continentais brasileiros: revisão, comentários e sugestões de ações contra o inimigo quase invisível. Neotropical Biology and Conservation, 4(2): 111–122. DOI: 10.4013/nbc.2009.42.07

WITTENBERG R.; COCK, M.J.W. (eds.) 2001. Invasive alien species: a toolkit for best prevention and management practices. Reino Unido: Wallingford, Oxon: CAB International. 228p.

ZANATA, L. H., ESPINDOLA, E. L. G., ROCHA, O., PEREIRA, R. H. C. 2003. First record of *Daphnia lumholtzi* (Sars, 1885), exotic cladoceran, in São Paulo State (Brazil). Brazilian Journal of Biology 63 (4): 717-720.

ZHU, J., X. XU, Q. TAO, P. YI, D. YU, and X. XU. 2017. High invasion potential of *Hydrilla verticillata* in the Americas predicted using ecological niche modeling combined with genetic data. Ecology and Evolution, 7: 4982–4990. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ece3.3072>

GLOSSÁRIO

Análise de risco – análise da probabilidade de introdução, estabelecimento e invasão de uma espécie exótica e da magnitude das consequências, usando informação de base científica e identificação de medidas que podem ser implementadas para reduzir ou gerenciar esses riscos, levando em consideração questões socioeconômicas e culturais (CDB, Decisão VI-23). O procedimento completo inclui identificação dos perigos, avaliação, caracterização, gestão e comunicação dos riscos.

Controle – medidas de manejo que, por meio de métodos mecânicos, químicos ou biológicos, reduzem a abundância e/ou densidade de uma EEI para minimizar seu crescimento populacional, dispersão e impactos.

Deteção precoce e resposta rápida – conjunto de ações coordenadas que visam encontrar e erradicar espécies com potencial de invasão antes que se disseminem e causem danos (United States Department of the Interior, 2016).

Erradicação – medidas de manejo que levam à remoção total da população de uma EEI em determinada área.

Espécie nativa – espécie, subespécie ou táxon de hierarquia inferior ocorrendo dentro de sua área de distribuição natural (passada ou presente), incluindo a área que pode alcançar e ocupar através de seus sistemas naturais de dispersão (CDB).

Espécie exótica – espécie, subespécie ou táxon de hierarquia inferior ocorrendo fora de sua área de distribuição natural passada ou presente, incluindo qualquer parte, como gametas, sementes, ovos ou propágulos, que possa sobreviver e subsequentemente reproduzir-se (CDB, Decisão VI-23).

Espécie exótica invasora (EEI) – espécie exótica cuja introdução e/ou dispersão ameaçam a diversidade biológica (CDB, Decisão VI-23).

Estabelecimento – processo de reprodução de uma EEI num ambiente novo, com descendentes viáveis e probabilidade de sobrevivência contínua (CDB, Decisão VI-23).

Introdução de espécies – movimento por ação humana, direta ou indireta, de uma espécie exótica para fora de sua área de distribuição natural (passada ou presente). Esse movimento pode ocorrer dentro de um país, entre países ou em áreas além da jurisdição nacional (CDB, Decisão VI-23).

Invasão biológica – processo pelo qual uma espécie ou população é transportada para fora de sua área de distribuição natural e introduzida em um novo ambiente onde se reproduz gerando descendentes viáveis e se dissemina ampliando a distribuição geográfica e ameaçando a diversidade biológica, com potenciais impactos à sociedade, à economia e à saúde.

Monitoramento – série de observações regulares ou irregulares no tempo feitas para mostrar o grau de conformidade com um padrão ou o grau de desvio das observações esperadas.

Prevenção – estratégias e medidas de gestão e manejo para evitar ou minimizar a chegada ou a introdução de espécies exóticas em um dado ambiente ou local.

Princípio da precaução – preceito que estabelece que, quando existir ameaça de sensível redução ou perda de diversidade biológica, a falta de plena certeza científica não deve ser usada como razão para postergar medidas que evitam ou minimizam essa ameaça (CDB, Decreto Legislativo nº 2, de 5 de junho de 1992). Estratégia para lidar com as incertezas científicas na avaliação e gestão de riscos (UNESCO, 2005).

Repasse do controle – ações subsequentes à primeira ação de controle para nova aplicação dos métodos já utilizados ou modificados a fim de melhorar a eficácia dos resultados.

Serviços ecossistêmicos – são os benefícios da natureza para as pessoas, vitais para o bem-estar humano e para as atividades econômicas. A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (AEM), publicada em 2005, classifica os serviços ecossistêmicos em quatro categorias: de provisão, de regulação, culturais e de suporte, também chamados de apoio ou habitat.

Vetor de introdução ou dispersão (*vector*) – meio de introdução, como, por exemplo, navio, contêiner de carga, materiais de embalagem, equipamentos ou veículos de transporte.

Via de introdução ou dispersão (*pathway*) – processos que resultam na introdução de uma espécie exótica de uma área geográfica para outra.

Vigilância – processo oficial em que dados de ocorrência de espécies são coletados e registrados por meio de pesquisas, monitoramento ou outros procedimentos.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 – DESCRIÇÃO DAS VIAS/VETORES DE INTRODUÇÃO E DISPERSÃO

Apresentamos a seguir um resumo das definições de vias/vetores de introdução e dispersão de EEIs, conforme o [Guia de Interpretação](#) elaborado por Harrower *et al.* (2018) e adotado pela CDB. As categorias são: soltura na natureza, escape de confinamento, transporte como contaminante, transporte como clandestino, corredores e sem ajuda humana. Dentro de cada categoria há subcategorias que são detalhadas a seguir.

1 Soltura na natureza

As espécies são transportadas intencionalmente e liberadas em ambiente natural para servir a um propósito específico (mesmo que isso possa implicar que a espécie seja mantida por um período em cativeiro ou em condições controladas antes da liberação).

1.1 Controle biológico

Espécies soltas no ambiente natural com a finalidade de controlar populações de um ou mais organismos, como pragas e/ou patógenos, em sistemas agrícolas, florestais; controlar espécies que representam uma ameaça direta à saúde humana; ou controlar EEIs.

As espécies são soltas para controle de larvas de mosquitos transmissores de doenças, como o que foi feito com as espécies de guppy *Poecilia* spp. (também apreciadas no aquarismo) que foram disseminadas em campanhas para controle do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor de zika, chicungunha e dengue (Azevedo-Santos *et al.*, 2016).

O controle biológico de algas e macrófitas aquáticas também é feito com espécies exóticas herbívoras e pode ser realizado com moluscos (ex.: *Pomacea canaliculata*), carpas e tilápias. Esses peixes exóticos atuam no controle biológico tanto se alimentando dos vegetais quanto revolvendo o sedimento, que aumenta a turbidez da água e diminui a penetração da luz, o que dificulta o crescimento de mais macrófitas e algas (Esteves, 1998).

Vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

1.2 Pesca na natureza (incluindo pesca desportiva)

Peixes e outros animais aquáticos soltos no ambiente natural para fornecer subsistência adicional ou alternativa e/ou oportunidades de pesca comercial ou recreativa. Esta via não inclui pragas, patógenos ou outra espécie que tenha sido introduzida de forma não intencional com essas espécies.

Pescadores esportivos são atraídos por espécies que são mais vorazes e agressivas. Isso fez com que espécies de tucunarés *Cichla* spp. (espécies amazônicas), black bass *Micropterus salmoides* (nativo dos Estados Unidos) e o dourado *Salminus brasiliensis* (introduzido na bacia do rio Iguaçu), por exemplo, fossem introduzidos em diversos rios e reservatórios do país.

Vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

1.3 Melhoria de paisagem / flora / fauna na natureza

Espécies soltas no ambiente natural apenas por razões estéticas (incluindo os colonizadores no passado) para “melhorar” a flora ou a fauna e/ou tornar novas regiões mais familiares.

Foi comum na colonização europeia, e hoje podem ser introduzidas também na construção de infraestruturas verdes em obras de engenharia.

Vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

1.4 Introdução para fins de conservação

Espécies soltas no ambiente natural para auxiliar na sua conservação ou no manejo da vida selvagem. Introdução, reintrodução ou translocação de espécies em novas áreas para manutenção de uma espécie, ou soltura de espécies que sirvam de alimento ou moradia para espécies nativas. O objetivo principal da soltura de espécies nessa via é a de conservação de alguma espécie nativa ou de um ambiente.

Vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

1.5 Soltura na natureza para uso (outros fins além dos citados acima)

Espécies soltas no ambiente natural para serem usadas por humanos para outros fins que não a caça, pesca, controle / barreiras ambientais ou conservação e não introduzidas apenas por razões estéticas, mas, por exemplo, para fins alimentares, mercado de pele, biorremediação e fauna polinizadora.

Macrófitas dulcícolas são incluídas nesta subcategoria.

1.6 Outra soltura intencional

Espécies soltas no ambiente natural por razões diferentes das opções anteriores, como soltura de animais em celebrações religiosas.

Vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria, como as carpas asiáticas.

2 Escape de confinamento

Espécies que escaparam de ambientes confinados e controlados onde foram mantidas para uma série de objetivos. Incluem-se aqui a liberação acidental ou o despejo/soltura por criadores irresponsáveis.

2.1 Aquicultura / maricultura

Espécies de fungos, algas e animais (vertebrados e invertebrados) que escaparam do confinamento ou de situações controladas em ambientes de água doce ou marinhos para a produção de alimentos, consumo humano ou animal, ou outros produtos, incluindo produtos de bioenergia.

Invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

2.2 Jardim botânico / zoológico / aquário (exceto aquários domésticos)

Espécies que escaparam do confinamento e que foram mantidas para exibição, educação ambiental ou programas de reprodução de conservação em jardins botânicos, zoológicos ou aquários.

Microrganismos, macrófitas, invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

2.3 Espécie de terrário / aquário / pet (inclusive comida viva para essas espécies)

Espécies que escaparam do confinamento ou de ambientes controlados onde foram mantidas por colecionadores particulares ou amadores para recreação, diversão, companhia e/ou comércio. Essa via não inclui os parasitas transportados junto com as espécies e inclui a soltura irresponsável de espécies no ambiente.

Microrganismos, macrófitas, invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

2.4 Plantas cultivadas

As espécies de plantas terrestres que escaparam de ambientes confinados ou controlados onde foram cultivadas comercialmente para outros fins que não agricultura, silvicultura ou aquicultura/maricultura.

Microrganismos e algas macrófitas dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

2.5 Fins ornamentais (exceto produção alimentar)

Espécies da flora que escaparam de ambientes confinados ou controlados onde foram introduzidas por razões decorativas ou ornamentais, excluindo a horticultura comercial. Refere-se a escape de coleções particulares/ambientes paisagísticos mantidos por amadores.

Macrófitas dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

2.6 Pesquisa e situações ex situ (em instituições)

Espécies que escaparam do confinamento ou ambientes controlados onde foram mantidas e/ou criadas para uso em pesquisas. Essa via inclui a soltura irresponsável ou “fuga facilitada” de espécies no ambiente.

Microrganismos, macrófitas, invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

2.7 Comida viva e isca viva

Espécies que escaparam do confinamento ou ambientes controlados onde foram mantidas e/ou transportadas como alimento vivo (para consumo de humanos ou animais), ou isca viva (exceto alimentos vivos dados a espécies de animais de estimação).

Invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

3 Transporte como contaminante

Espécies introduzidas de forma não intencional ou acidental por meio do movimento de outros organismos ou materiais e produtos orgânicos.

3.1 Isca contaminada

Espécies introduzidas involuntariamente como contaminantes em iscas usadas para consumo animal. Iscas vivas, congeladas ou preservadas, como peixes, vermes e outros táxons (por exemplo, larvas de insetos), são importados e transportados com a finalidade de alimentar ou pegar peixes ou invertebrados. Esses táxons podem abrigar contaminantes, patógenos e parasitas, e, portanto, o armazenamento, uso ou descarte de isca podem ser uma via de introdução para essas espécies contaminantes.

Invertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

3.2 Contaminação de comida (inclusive comida viva)

Espécies introduzidas involuntariamente como contaminantes de alimentos, incluindo alimentos vivos. Esporos, fungos, insetos, parasitas, propágulos transportados com produtos agrícolas ou comida viva (comidos ou cozidos vivos).

Invertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

3.3 Contaminantes em animais (exceto parasitas, espécies transportadas pelo hospedeiro/vetor)

Espécies introduzidas acidentalmente como contaminantes em animais (vivos ou não) para criação (além do uso para alimentação) transportados por meio de atividades relacionadas ao homem. Inclui o material/meio usado para seu transporte. Incluem-se aqui material do solo em cascos ou pés, sementes de plantas, invertebrados e outros contaminantes no corpo e pelagem de animais, ou sementes transportadas no trato digestório.

Microrganismos, macrófitas, invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

3.4 Parasitas em animais (inclusive espécies transportadas pelo hospedeiro/vetor)

Espécies de parasitas transportadas acidentalmente por um animal hospedeiro ou um animal que atua como vetor. Incluem-se também organismos patogênicos.

Invertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

3.5 Contaminantes em plantas (exceto parasitas, espécies transportadas pelo hospedeiro/vetor)

Espécies introduzidas acidentalmente como contaminantes em plantas ou produtos vegetais transportados por meio de atividades relacionadas ao homem (excluindo parasitas, sementes e espécies associadas a comércio de viveiro).

Macrófitas, invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

4 Transporte como clandestino

4.1 Equipamento de pesca/pesca com anzol

Espécies introduzidas acidentalmente como passageiros clandestinos em equipamentos usados por pescadores recreativos ou pescadores comerciais ou profissionais, dentro ou sobre seus equipamentos quando se movem de um local para outro e até mesmo através de países. Trata-se de equipamentos molhados, equipamentos em água parada ou aqueles que mantêm acúmulo de água, por exemplo, botas, potes e boias.

Microrganismos, macrófitas, invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

4.2 Presença clandestina em navio/embarcação (exceto água de lastro e bioincrustação)

Espécies que foram introduzidas involuntariamente por carona em navios, barcos ou outras embarcações (por exemplo, submarinos), mas excluindo espécies transportadas em água de lastro ou via incrustação do casco. Esta subcategoria não inclui espécies contaminantes de outras espécies transportadas (intencionalmente ou não) por navios ou barcos, nem espécies associadas a qualquer carga, contêineres, embalagens, pessoas ou bagagem transportada pelo navio ou barco.

Microrganismos, macrófitas, invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

4.3 Água de lastro de navio/embarcação

Espécies que foram introduzidas involuntariamente por meio da água de lastro de navios e barcos.

Microrganismos, macrófitas, invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

4.4 Bioincrustação em navio/embarcação

Espécies que foram introduzidas involuntariamente, como organismos incrustantes de cascos em navios e barcos.

Microrganismos e invertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

4.5 Outro meio de transporte

Espécies que foram introduzidas involuntariamente por andarem de carona em outros meios de transporte que não aqueles já cobertos por outras vias clandestinas.

5 Corredores

Espécies se espalhando para novas regiões ao longo de corredores de infraestrutura criados artificialmente, como pontes, túneis e canais.

5.1 Canais/bacias/mares interconectados

Espécies que se espalham para novas regiões ao se dispersar através de cursos d'água artificiais conectando corpos d'água, bacias ou mares anteriormente desconectados.

Microrganismos, macrófitas, invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

6 Sem ajuda humana

Espécies que se espalham para novas regiões por dispersão natural, sem ação ou ajuda humana, de regiões onde eram exóticas e foram introduzidas por uma ou outra categoria de via anterior.

Microrganismos, macrófitas, invertebrados e vertebrados dulcícolas são incluídos nesta subcategoria.

APÊNDICE 2 – DIRETÓRIO DE FONTES DE INFORMAÇÃO E CONTATOS

Apêndice 2.1 – Potenciais colaboradores e contatos de especialistas

Relação de instituições, setores e pessoas com potencial para integração à Rede de Colaboradores, com atuação no ambiente dulcícola.

Área de atuação	Taxonomistas, instituições e setores que atuam na área de EEIs
Instituições de ensino e pesquisa com foco em profissionais da área ambiental e afins que trabalham na área de invasões biológicas Ações: monitoramento, vistorias técnicas, ações de manejo e identificação de espécies	Departamento de Fitotecnia (UFRR) – Prof. José Beethoven Figueiredo Barbosa Laboratório de Ecologia de Invasões, Manejo e Conservação (LEIMAC – UFSC), Profª. Michele de Sá Dechoum Laboratório de Ecologia de Invasões e Conservação da Biodiversidade (UFLA), Prof. Rafael D. Zenni Laboratório de Ecologia e Conservação (LEC – UFPR), Prof. Jean Vitule Laboratório de Ecologia e Conservação (LAEC – USP) Laboratório de Ecologia e Conservação da Biodiversidade (LECoB – UFS) Laboratório de Hidrologia e Ecologia Florestal, Floresta Estadual de Assis, Instituto Florestal – SP Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação, Instituto de Biociências (LEPAC – USP) Laboratório de Ecologia de Peixes e Invasões Biológicas (LEPIB – UEL Prof. Mário Orsi) Laboratório de Herpetologia (UFMS) Laboratório de Botânica, Museu de Ciências (UNIVATES – RS) Laboratório de Restauração Ambiental (UFAC, Prof. Marcus Athaydes) Coordenação dos Planos de Ação Nacional para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção (PAN Espécies Ameaçadas) Coordenação do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD) Coordenação do Programa Monitora – Unidades de Conservação Federais ICMBio
Taxonomia	Plâncton, Cláudia Costa Bonecker (NUPELIA – UEM – PR) Crustáceos, Gustavo Monteiro Teixeira (UEL – PR) Insetos, João Antônio Cyrino Zequi (Laboratório de Entomologia Geral e Médica, UEL – PR) Moluscos, Aisur Ignacio Agudo Padrón Ictioplâncton, Andréa Bialetzki (NUPELIA – UEM – PR) Ictioplâncton, Rosseval Gandino Leite (INPA – AM) Ictioplâncton, Willian Severi (UFRPE – PE) Peixes, Carla Simone Pavanelli (NUPELIA – UEM – PR) Peixes, Fernando Camargo Jerep (Museu de Zoologia – UEL – PR) Peixes, Luiz Roberto Malabarba (PUCRS – RS) Peixes, Roberto Esser dos Reis (Instituto de Biociências – UFRGS – RS) Peixes, Francisco Langeani (IBILCE – UNESP – SP) Peixes, Jansen Zuanon (INPA – AM) Macrófitas aquáticas, Sidinei Magela Thomaz (NUPELIA – UEM – PR)
Associações de pescadores e piscicultores, criadores de animais, produtores de plantas e outras Ações: monitoramento, ações de manejo	A definir conforme áreas de atuação prioritárias do PNADPRR

Área de atuação	Taxonomistas, instituições e setores que atuam na área de EEIs
Organizações da sociedade civil com atuação na área ambiental e/ou outras relacionadas ao tema Ações: manutenção de bases de dados de informações ambientais, geração de notificações, monitoramento, vistorias técnicas, ações de manejo	Instituto Brasileiro de Biodiversidade (BrBio), Rio de Janeiro Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Santa Catarina Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA) – São Paulo Conservação Internacional WWF Brasil Instituto Triade
Empresas públicas e/ou privadas que atuam em áreas naturais e/ou educação ambiental, como operadoras de mergulho, concessionárias de parques nacionais, agências de ecoturismo e educadores ambientais Ações: monitoramento, ações de manejo	CCR Brasil – Rio Grande do Norte Pro Diver Centro de Mergulho, Porto Rico – PR
Conselhos Profissionais afetos à área de interesse Ações: disseminação de informações aos associados	Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV) Conselho Federal de Biologia (CFBio) Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA)
Cidadãos interessados em contribuir com ações de conservação ambiental, pesquisadores e profissionais autônomos, moradores em áreas de interesse com apreço pela natureza Ações: monitoramento, ações de manejo com orientação da coordenação do processo de alerta	A definir conforme áreas de atuação prioritárias do PNADPRR e indicações de integrantes do GAT e da Rede de Apoio ao PNADPRR

Fonte: Compilação do autor

Apêndice 2.2 – Fontes de informação sobre manejo e espécies

[Base de Dados Global sobre Espécies Exóticas Invasoras](#). Invasive Species Specialist Group (ISSG), Nova Zelândia.

[Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras](#). Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Florianópolis - SC.

[Compêndio sobre Espécies Exóticas Invasoras](#). CABI, Reino Unido.

[Global Biodiversity Information Facility \(GBIF\)](#).

ICMBio. 2019. [Guia de Orientação para o Controle de Espécies Exóticas Invasoras em Uni-](#)

[dades de Conservação Federais](#). Brasília – DF: ICMBio. 135p.

ORUETA, J. F. 2002. [Manual prático para o controle de vertebrados em ilhas de Portugal e Espanha](#). Madrid, Espanha: Gestión y Estudio de Espacios Naturales - Projeto Life. 195p.

TU, M., HURD, C., RANDALL, J. M. [Weed control methods handbook](#): tools and techniques for use in natural areas. Davis, California: The Nature Conservancy. 219p.

Apêndice 2.3 – Listas de espécies exóticas invasoras (EEIs)

Lista oficial de EEIs do estado do Distrito Federal: [Instrução Normativa nº 409/2018 – Ibram/Presi](#).

Lista oficial de EEIs do estado do Paraná: [Portaria IAP 059/2015](#).

Lista oficial de EEIs do estado do Rio Grande do Sul: [Portaria SEMA RS 79/2013](#).

Lista de EEIs do estado do Rio de Janeiro: Bergallo, H. G., Silveira Filho, T. B., Ziller, S. R. 2021. [Primeira lista de referência de espécies exóticas invasoras no estado do Rio de Janeiro – Brasil](#): implicações para pesquisas, políticas e manejo. Bioinvasiones 8(1): 3-18.

Lista oficial de EEIs do estado de Santa Catarina: [Resolução CONSEMA nº 8/2012](#) e instruções normativas complementares.

Apêndice 2.4 – Protocolos de avaliação de risco

O IBAMA vem desenvolvendo protocolos de avaliação de risco para diversos grupos biológicos. Contato: Ivan Teixeira, e-mail ivan.teixeira@ibama.gov.br

Análises de risco disponíveis no website do Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental: <https://institutohorus.org.br/analise-de-risco-para-especies-exoticas/>

Resultados de análises de risco por espécie disponíveis na Base de Dados Nacional de Espécies Exóticas Invasoras: <http://bd.institutohorus.org.br/especies>

APÊNDICE 3 – EXEMPLOS DE PLANO DE RESPOSTA RÁPIDA NO AMBIENTE DULCÍCOLA

A seguir apresentamos dois planos de detecção precoce e resposta rápida elaborados com base em dados e situações fictícias, com o objetivo de prover modelos de utilização.

Apêndice 3.1 – Detecção precoce de macrófita aquática em reservatório de usina hidrelétrica

Item do plano	Descrição
Táxon	Nome científico: <i>Hydrilla</i> sp.; Nome comum: falsa-elódea, hydrilla, waterweed
Caracterização do local	<i>Breve descrição do local, incluindo o acesso e o tipo de ambiente e quaisquer obstáculos ou dificuldades que a equipe executora possa encontrar para que haja preparação adequada</i> O foco de invasão ocorre nas margens do reservatório da UHE Taquaruçu, no rio Paranapanema (SP/PR). A área é acessível com caminhonete após 10 minutos, a partir da barragem da hidrelétrica. Caso seja necessária, a entrada a partir da barragem deve ser solicitada previamente pelo responsável, sendo este também responsável por avisar os seguranças da barragem sobre as atividades em campo.
Quem é responsável pela coordenação e quem apoia?	<i>Nome da(s) pessoa(s) envolvida(s) e funções</i> Norberto Castro Vianna, biólogo, doutor, especialista de Meio Ambiente da CTG Brasil; apoio de seguranças. Sidinei Magela Thomaz, pesquisador especialista no NUPELIA-UEM.
Método	<i>Indicação do(s) método(s) de controle a ser(em) utilizado(s), preferencialmente considerando métodos adicionais em caso de incerteza sobre a eficácia</i> É recomendado o arranquio manual, com o desenraizamento total da planta. Caso algum fragmento permaneça no local, é alta a chance de a espécie se manter no local. A planta removida deve ser compostada em local adequado e distante de recursos hídricos, devido à capacidade de rebrotamento – quando um pequeno broto pode dar origem a novos indivíduos (clones). Por isso, deve-se tomar cuidado ao manejar, de modo que não haja quebra de ramos que possam se dispersar pelo reservatório e dar origem a novos focos.
Monitoramento	<i>Indicação de quando deve ser realizado o monitoramento de resultados das ações de controle e o que a pessoa responsável deve fazer conforme a eficácia verificada; pode repetir o método já empregado ou utilizar novo método já predefinido</i> O monitoramento após a primeira remoção deve ser realizado no prazo de 30 dias para verificação de eficácia. Caso permaneçam focos de invasão, fazer novo arranquio das plantas. Monitorar em 30 dias, e assim sucessivamente, até que no local não existam mais plantas e o foco de invasão tenha sido erradicado.

Item do plano	Descrição
Comprovação da eficácia	<i>Indicação de como deve ser avaliada a eficácia, conforme o grupo biológico e o táxon em questão. Por exemplo, para plantas terrestres, a eficácia pode ser considerada “boa” se a população alvo do controle diminuiu, “média” se não aumentou e “baixa” se cresceu</i> A eficácia precisa ser avaliada com base na percentagem de plantas aquáticas ou área de plantas que não permaneceram a partir da ação de controle. Portanto, a eficácia deve ser avaliada após a remoção mecânica, em que 90-100% da planta devem ter sido atingidos.
Materiais, equipamentos	Listar os materiais e equipamentos necessários para a realização das ações de controle em campo, de modo que a pessoa responsável facilmente verifique se tem tudo à mão antes de sair a campo e se os equipamentos estão em ordem e funcionais Equipamentos e materiais: • Equipamento de Proteção Individual (EPI) para aplicação de herbicidas (botas ou macacões de borracha, óculos de segurança, chapéu e luvas de borracha); • pá; • água para lavar as mãos; • água para beber; • veículo para deslocamento ao local; • combustível para o veículo; • barco; • motor; • combustível para motor. Tempo estimado de trabalho, incluindo o acesso ao local: 2-3 horas
Estimativa de custos	<i>Com base nos materiais, equipamentos e horas ou dias de trabalho necessários, fazer uma estimativa de custos para registro</i> Materiais de consumo e combustível por ação de controle: R\$ 15,00 a 20,00. Equipamentos: R\$ 100,00 (considerada depreciação de 10% dos respectivos valores). Total: R\$ 115,00 a R\$ 120,00 por ação de controle.
Análise de viabilidade	<i>Com base na disponibilidade de pessoas, materiais, equipamentos e recursos de custeio para as ações planejadas, explicar por que o plano de ação é considerado viável ou não. Em caso negativo, buscar apoio de parcerias externas para viabilizar a aplicação ou alterar o plano até chegar a uma alternativa viável</i> A remoção manual de macrófitas aquáticas, quando presentes nas zonas litorâneas de reservatórios, é considerada de baixo custo. Dado que se trata de um foco de invasão de pequeno tamanho, acesso relativamente fácil, baixo custo e ambiente altamente suscetível à invasão por macrófitas (reservatório), o plano de ação é altamente viável e de elevada prioridade.

Fonte: Compilação do autor

Apêndice 3.2 – Detecção precoce de molusco dulcícola no rio Tocantins

Item do plano	Descrição
Táxon	Nome científico: <i>Dreissena polymorpha</i> ; Nome comum: mexilhão-zebra A espécie é nativa das bacias de drenagem para os mares Negro, Cáspio e Aral.
Caracterização do local	Breve descrição do local, incluindo o acesso e o tipo de ambiente e quaisquer obstáculos ou dificuldades que a equipe executora possa encontrar para que haja preparação adequada O rio Tocantinzinho é um afluente da margem direita do rio Maranhão (bacia do rio Tocantins) e deságua diretamente no reservatório de Serra da Mesa (GO). O Sr. Nestor é pescador há muito tempo na região e recentemente identificou uma colônia de mexilhões incrustada externamente próximo à popa de seu barco, nunca vista por ele. Ele reside em uma modesta casa à margem esquerda do rio Tocantinzinho, no município de Niquelândia (GO). Apesar de residir na beira do rio, sua casa é de fácil acesso, por estrada de terra bem conservada.
Quem é responsável pela coordenação e quem apoia?	Nome da(s) pessoa(s) envolvida(s) e funções Felipe Souza – Biólogo, Malacólogo, Universidade Estadual de Santa Catarina.
Método	Indicação do(s) método(s) de controle a ser(em) utilizado(s), preferencialmente considerando métodos adicionais em caso de incerteza sobre a eficácia Em terra, deve haver remoção mecânica dos mexilhões adultos da embarcação. Dada a possibilidade de sobrevivência de larvas de mexilhão em compartimentos que armazenam água no barco (como viveiros), também é recomendada a aplicação de mulcida, de modo que não haja possibilidade de desenvolvimento da larva após o retorno do barco ao rio.
Monitoramento	Indicação de quando deve ser realizado o monitoramento de resultados das ações de controle e o que a pessoa responsável deve fazer conforme a eficácia verificada; pode repetir o método já empregado ou utilizar novo método já predefinido O monitoramento após a primeira ação de controle deverá ser realizado a cada 30 dias. Deverá ser feita a inspeção de embarcações para a conferência da presença de mexilhões. Essa atividade pode ser realizada por entidades da Rede de Apoio, como a Marinha do Brasil e Polícia Ambiental, a fim de que se evite o transporte da espécie para novos locais.
Comprovação da eficácia	Indicação de como deve ser avaliada a eficácia, conforme o grupo biológico e o táxon em questão. Por exemplo, para plantas terrestres, a eficácia pode ser considerada “boa” se a população alvo do controle diminuiu, “média” se não aumentou e “baixa” se cresceu A eficácia deve ser avaliada com base na redução populacional do mexilhão-zebra. Se as populações estiverem diminuindo de tamanho em pelo menos 70-80% a cada ação de controle, os métodos utilizados podem ser considerados eficazes. Quando não forem mais observadas colônias de mexilhão, as ações de monitoramento devem persistir por um período mínimo de um ano para assegurar que as colônias tenham sido eliminadas.

Item do plano	Descrição
Materiais, equipamentos	Listar os materiais e equipamentos necessários para a realização das ações de controle em campo, de modo que a pessoa responsável facilmente verifique se tem tudo à mão antes de sair a campo e se os equipamentos estão em ordem e funcionais Equipamentos e materiais: • espátula de aço inox; • sacos para armazenamento; • 5 L de hipoclorito de sódio 12%; • água para beber; • veículo para deslocamento ao local; • combustível para o veículo. Tempo estimado de trabalho, incluindo o acesso ao local: 3-4 horas.
Estimativa de custos	Com base nos materiais, equipamentos e horas ou dias de trabalho necessários, fazer uma estimativa de custos para registro Materiais de consumo e combustível por ação de controle: R\$ 30,00. Equipamentos: R\$ 200,00 (considerada depreciação de 10% dos respectivos valores). Total: R\$ 230,00 por ação de captura.
Análise de viabilidade	Com base na disponibilidade de pessoas, materiais, equipamentos e recursos de custeio para as ações planejadas, explicar por que o plano de ação é considerado viável ou não. Em caso negativo, buscar apoio de parcerias externas para viabilizar a aplicação ou alterar o plano até chegar a uma alternativa viável O material para remoção mecânica e controle químico de mexilhões é de baixo custo. Devido à preocupação com o impacto em embarcações, usinas hidrelétricas e tubulações, por exemplo, é necessária uma ação conjunta entre as entidades relacionadas diretamente com o uso de água. Concessionárias hidrelétricas, associações de pescadores e a população ribeirinha participam conjuntamente em ações de erradicação e controle de mexilhões. Deste modo, a execução das ações é considerada viável.

Fonte: Compilação do autor

APÊNDICE 4 – MATERIAIS E EQUIPAMENTOS PARA MONITORAMENTO E CONTROLE

Apresentamos a seguir uma lista de materiais básicos para as ações de resposta rápida, conforme mencionados na descrição de métodos de monitoramento e controle.

Material e equipamento	Unidade	Finalidade
Microrganismos		
Garrafa Niskin	Unid.	Monitoramento de nano e microplâncton
Rede de plâncton (fitoplâncton e zooplâncton)	Unid.	Monitoramento de mesoplâncton
Rede de ictioplâncton	Unid.	Monitoramento de ictioplâncton
Álcool	Litro	Fixação e conservação de espécies invasoras
Formol	Litro	Fixação e conservação de espécies invasoras
Invertebrados incrustantes		
Máquina fotográfica digital	Unid.	Monitoramento
Estrutura de PVC ou madeira para fotoquadrado	Unid.	Monitoramento
Quadrado de alumínio para raspagem	Unid.	Monitoramento
Ponteira	Unid.	Controle de espécies incrustantes
Martelo	Unid.	Controle de espécies incrustantes
Espátula	Unid.	Raspagem de espécies de substrato consolidado
Sacos plásticos grossos	Unid.	Armazenamento após a retirada de EEIs
Caixas	Unid.	Armazenamento após a retirada de EEIs
Luvas de proteção	Pares	Proteção para o manuseamento dos equipamentos usados para o controle
Sacos pretos de polietileno grossos	Unid.	Controle de corais moles
Álcool	Litro	Fixação e conservação de EEIs
Formol	Litro	Fixação e conservação de EEIs
Invertebrados de vida livre		
Sacos de malha (0,5 mm)	Unid.	Separação de organismos intersticiais do sedimento (monitoramento)
Peneira (0,5 mm)	Unid.	Captura, separação de organismos intersticiais do sedimento (monitoramento)
Suber	Unid.	Captura de invertebrados
Hess	Unid.	Captura de invertebrados
Draga de Eckamn-Birge	Unid.	Captura de invertebrados
Draga de Petersen	Unid.	Captura de invertebrados

Material e equipamento	Unidade	Finalidade
Draga de Petit-Ponar	Unid.	Captura de invertebrados
Cesto de material não biodegradável	Unid.	Captura de invertebrados
Cordas	Unid.	Captura de invertebrados
Armadilha de pesca (covo)	Unid.	Monitoramento e captura
Sacos plásticos grossos	Unid.	Armazenamento após a retirada de EEIs
Caixas	Unid.	Armazenamento após a retirada de EEIs
Galões	Unid.	Armazenamento após a retirada de EEIs
Luvas de proteção	Pares	Proteção para o manuseamento dos equipamentos usados para o controle
Álcool	Litro	Fixação e conservação de EEIs
Formol	Litro	Fixação e conservação de EEIs
Vertebrados (peixes)		
Placa de PVC	Unid.	Monitoramento (anotação da observação direta subaquática)
Arpão	Unid.	Eliminação de EEIs de peixes
Lança	Unid.	Eliminação de EEIs de peixes
Puçá	Unid.	Captura de EEIs de peixes
Peneira	Unid.	Captura de EEIs de peixes
Rede de arrasto	Unid.	Captura de EEIs de peixes
Rede de espera	Unid.	Captura de EEIs de peixes
Armadilha de pesca para peixes (covo)	Unid.	Captura de EEIs de peixes
Sacos de armazenamento	Unid.	Armazenamento após a retirada de EEIs
Caixas	Unid.	Armazenamento após a retirada de EEIs
Álcool	Unid.	Fixação e conservação de EEIs
Formol	Unid.	Fixação e conservação de EEIs
Vertebrados (anuros e quelônios)		
Máquina fotográfica digital	Unid.	Monitoramento
Armadilha (covo)	Unid.	Monitoramento

Material e equipamento	Unidade	Finalidade
Arpão	Unid.	Eliminação de EEIs de peixes
Lança	Unid.	Eliminação de EEIs de peixes
Arma de pressão (calibre 5,5 mm)	Unid.	Eliminação de EEIs de peixes
Puçá	Unid.	Captura de EEIs de peixes
Peneira	Unid.	Captura de EEIs de peixes
Rede de arrasto	Unid.	Captura de EEIs de peixes
Sacos de armazenamento	Unid.	Armazenamento de EEIs removidas
Caixas	Unid.	Armazenamento de EEIs removidas
Álcool	Unid.	Fixação e conservação de EEIs
Formol	Unid.	Fixação e conservação de EEIs
Macrófitas aquáticas		
Estrutura de PVC ou madeira para fotoquadrado	Unid.	Monitoramento
Máquina fotográfica digital	Unid.	Monitoramento
Quadrado de alumínio para raspagem	Unid.	Monitoramento
Espátula	Unid.	Raspagem de substrato consolidado em monitoramento e/ou controle
Sacos plásticos grossos	Unid.	Armazenamento após a retirada de EEIs
Caixas	Unid.	Armazenamento após a retirada de EEIs
Luvas de proteção	Pares	Proteção para o manuseamento dos equipamentos usados para o controle
Fluridone	litro	Eliminação de EEIs de peixes
Outros equipamentos		
Embarcação	-	Monitoramento e controle de invertebrados de vida livre e peixes
Embarcações de transporte	-	Caso necessário, levar a equipe de monitoramento e/ou de controle até os locais da detecção
Equipamento de mergulho	-	Equipamento para ações de monitoramento e/ou controle em regiões mais profundas

Fonte: Compilação do autor

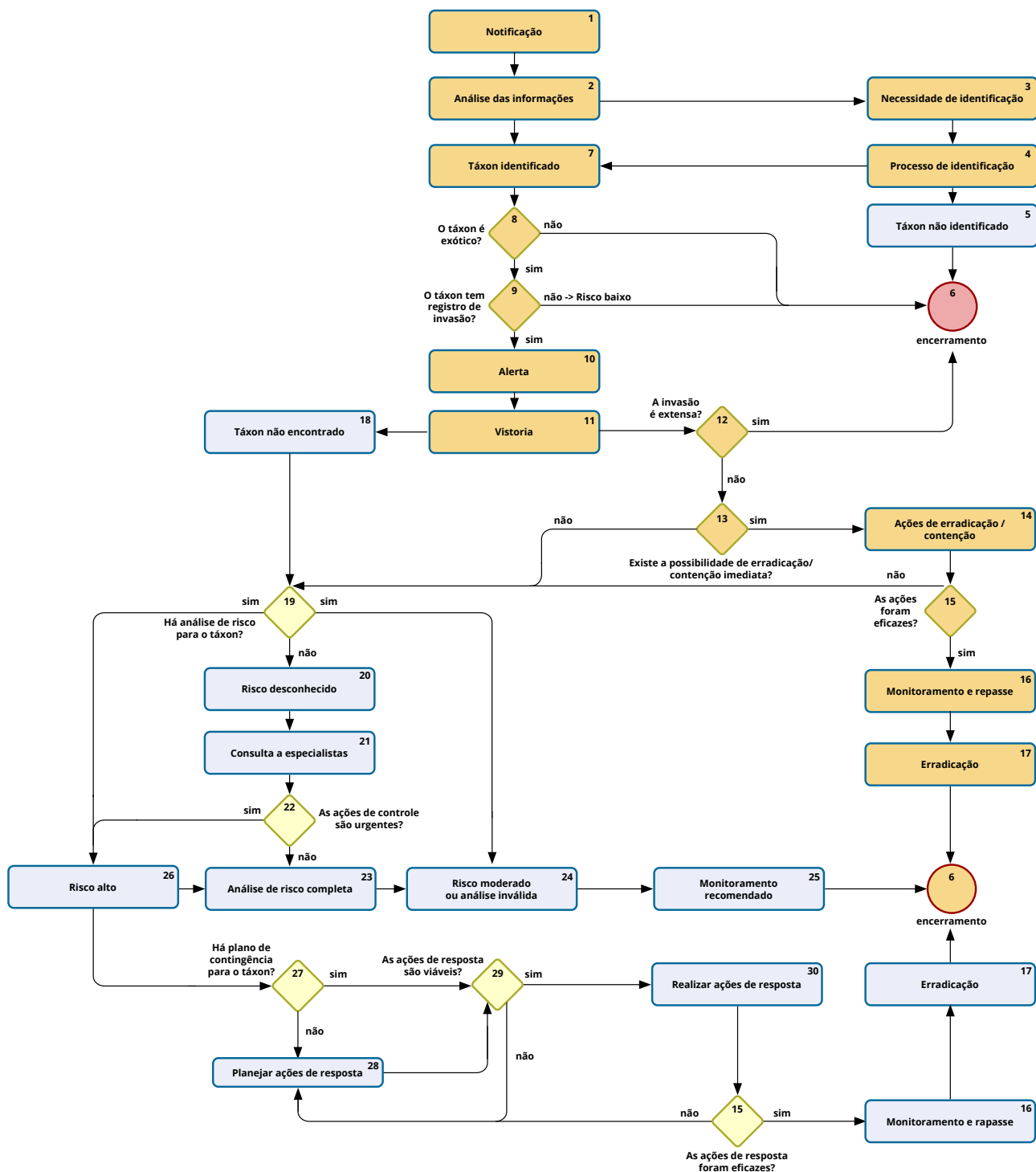
APÊNDICE 5 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DO PROTOCOLO PARA O AMBIENTE DULCÍCOLA

A seguir apresentamos exemplos hipotéticos de notificações e seguimento do Protocolo de Alerta, Detecção Precoce e Resposta Rápida para o ambiente dulcícola. O caminho seguido no Protocolo está destacado nas figuras referentes a cada exemplo e a numeração está indicada no texto.

Apêndice 5.1 – Detecção de macrófita aquática em reservatório de usina hidrelétrica

Durante as atividades de um programa de monitoramento ambiental, uma macrófita aquática ornamental é detectada no reservatório de uma usina hidrelétrica do rio Tietê. Uma notificação é enviada para o órgão competente (1) sem a identificação do táxon (etapas 2 e 3) e as imagens recebidas não são suficientemente claras a ponto de permitir a identificação. O responsável fotografa e coleta todas as plantas existentes, que estão restritas a uma pequena população às margens do reservatório. As informações são encaminhadas ao órgão competente; o material coletado é enviado diretamente para um especialista em macrófitas aquáticas da Rede de Colaboradores. O especialista recebe as imagens, porém a identificação (4) do táxon só é possível (7) com o material físico, o que retarda o processo em alguns dias. A identificação do táxon é confirmada a nível de espécie e verifica-se que é exótico ao local de ocorrência (8) e tem antecedentes de invasão (9). Essa informação é enviada ao órgão competente, que então emite um alerta a instituições da Rede de Apoio vinculada ao Programa (10). Através do acionamento de instituições da Rede de Apoio, um responsável da concessionária hidrelétrica é solicitado a realizar uma vistoria no local (11). Verifica-se durante a vistoria que existe a possibilidade de erradicação imediata durante (etapas 12 e 13). Procede-se então às ações de resposta (14). A ação de resposta é eficaz (15), mas, após 30 dias, durante um monitoramento (16), o técnico da hidrelétrica encontra novas plantas que rebrotaram desde a ação de resposta e então informa o órgão competente, que consulta especialistas da Rede de Colaboradores sobre técnicas mais eficientes que possam levar à eliminação do foco de invasão. As medidas são repassadas à concessionária hidrelétrica para implementação. Na segunda intervenção (repasse do controle), as plantas são removidas com as raízes (16) através do uso de ferramentas adequadas e posteriormente compostadas. O monitoramento é realizado depois de 30, 60 e 120 dias, sem que sejam encontrados novos focos (16). A ação de resposta é considerada eficaz (17) e o Protocolo é encerrado (6). O caminho seguido nesse exemplo é demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Detecção precoce de macrófita aquática exótica em reservatório de usina hidrelétrica (as etapas do Protocolo destacadas indicam o caminho seguido no exemplo)

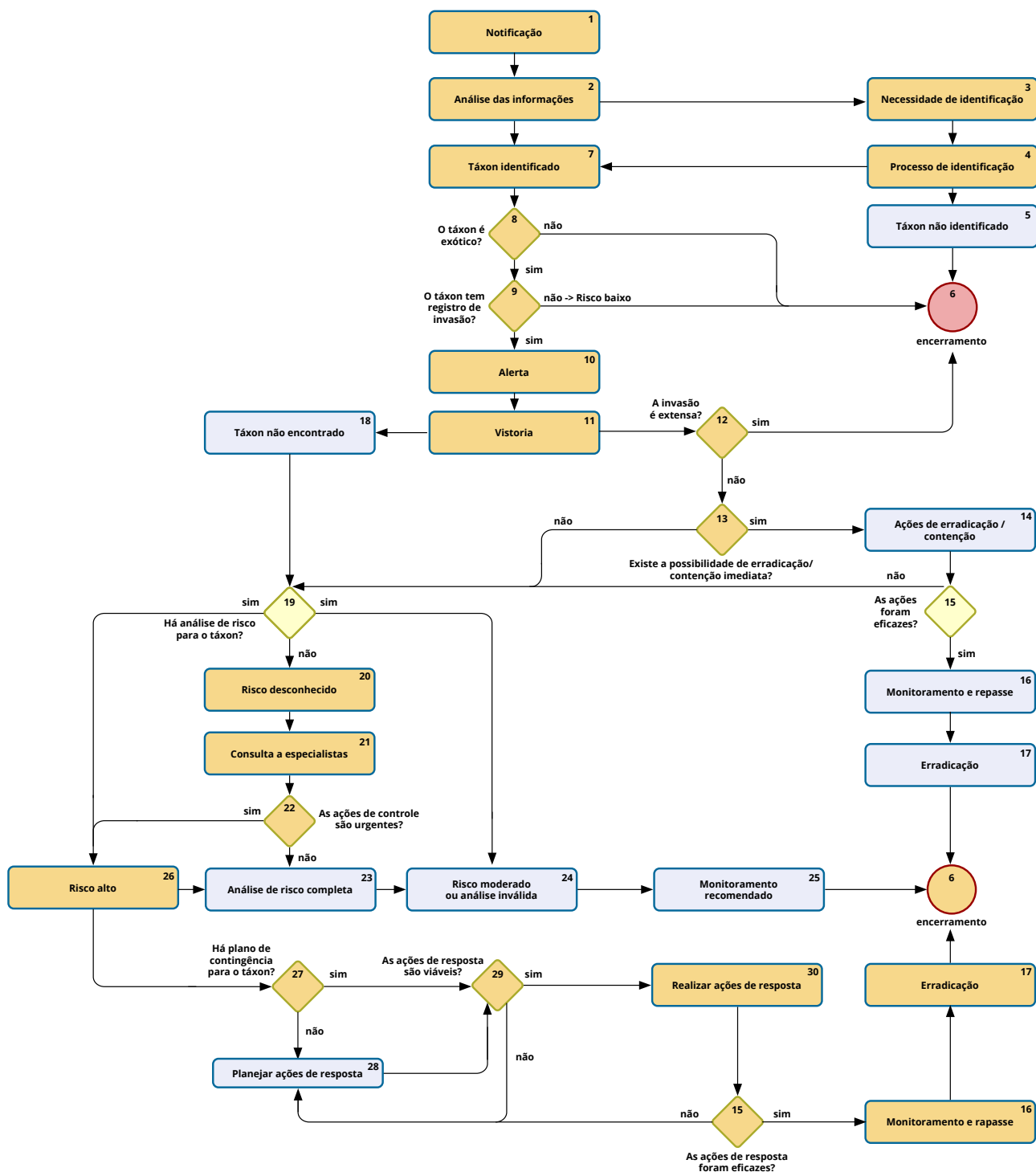


Fonte: Compilação do autor

Apêndice 5.2 – Detecção de molusco dulcícola no rio Tocantins

Um pescador detecta uma colônia de mexilhões incrustada em seu barco num afluente do rio Tocantins, caracterizando uma detecção ocasional. Em função de nunca ter visto esses mexilhões antes, o pescador fotografa a colônia e envia as imagens para um professor de Biologia da universidade local, solicitando que identifique a espécie. O professor, ao não reconhecer o táxon e perceber que deve ser exótico, notifica o órgão competente (1). Este, por sua vez, sem saber de que espécie se trata (etapas 2 e 3), solicita auxílio à Rede de Apoio para fotografar e recolher amostras do mexilhão, enviando-as a um especialista no grupo biológico que é integrante da Rede de Colaboradores (4). As amostras são fotografadas e coletadas. O especialista conclui que a espécie pertence a um gênero exótico à área de detecção (etapas 7 e 8), mas não tem condições de fazer a identificação a nível de espécie. O órgão competente busca mais informações e verifica que algumas espécies do gênero têm antecedentes de invasão em outras regiões (9). O alerta é emitido para a Rede de Apoio (10). Na vistoria (11) chega-se à conclusão de que não é possível erradicar ou controlar a espécie imediatamente (etapas 12 e 13). Além disso, verifica-se que não existem análises de risco para essas espécies (19). Com o risco desconhecido (20), o órgão competente entra em contato com especialistas (21), que chegam à conclusão de que as ações de controle são urgentes (22) devido às características das espécies no gênero, caracterizando uma situação de alto risco (26). Verifica-se que existe um plano de contingência para espécies no gênero (27), que é ajustado com apoio de especialistas da Rede de Colaboradores para assegurar a viabilidade de aplicação nas condições locais (29). O plano tem foco em prevenir a dispersão da espécie, de modo que outras instituições de apoio vinculadas ao Programa são acionadas para ajudar na fiscalização de embarcações com potencial de translocação de larvas e adultos dos mexilhões detectados para outros locais ou até mesmo outras bacias (30). As embarcações no local de ocorrência são verificadas, organizam-se mutirões de limpeza e é veiculada informação para o público específico. Na ausência de novos avistamentos (15), o monitoramento é mantido durante seis meses (16). Quando esse foco foi considerado erradicado (17) e o Protocolo estava prestes a ser encerrado (6), outra embarcação com o mexilhão é detectada. A origem da invasão é diagnosticada em outro ponto do rio, porém já não se encontra em fase inicial. Essa condição de invasão sai da alçada do PNADPRR porque a invasão se tornou muito ampla para ser tratada como detecção precoce. A informação é enviada a instituições locais e são formadas parcerias para realizar ações de controle periódicas. O Protocolo é encerrado (6). O caminho seguido nesse exemplo é demonstrado na Figura 4.

Figura 4 – Detecção precoce de molusco de água doce no rio Tocantins (as etapas do Protocolo destacadas indicam o caminho seguido no exemplo)



Fonte: Compilação do autor



ESTRATÉGIA NACIONAL PARA
**ESPÉCIES EXÓTICAS
INVASORAS**



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA

