

Para que servem os inventários de fauna?

LUÍS FÁBIO SILVEIRA, BEATRIZ DE MELLO BEISIEGEL, FELIPE FRANCO CURCIO, PAULA HANNA VALDUJO, MARIANNA DIXO, VANESSA KRUTH VERDADE, GEORGE MENDES TALIAFERRO MATTOX e PATRÍCIA TERESA MONTEIRO CUNNINGHAM

Em busca de protocolos para estudos ambientais

AS DIFERENTES técnicas atualmente utilizadas para se inventariar a fauna são a forma mais direta para se acessar parte dos componentes da diversidade animal em um bioma ou localidade, em um determinado espaço e tempo. Entretanto, é fundamental que se entenda que os componentes dessa diversidade jamais serão amostrados de forma completa. Afinal, a essência do termo amostragem é a obtenção de uma parte que represente, de forma adequada, a totalidade do objeto de estudo. Os resultados de qualquer amostragem constituem-se no somatório da(s) técnica(s) utilizada(s), da habilidade de quem conduz o inventário em detectar os organismos no espaço amostral e do componente temporal, expresso tanto em razão das horas gastas em campo quanto da própria composição histórica da fauna, que, naturalmente, vai variar entre as localidades. Essa “fotografia” de uma determinada localidade possui implicações importantíssimas e que serão discutidas neste ensaio.

Detectar e descrever a fauna de uma determinada região, e interpretar os dados obtidos em campo, não se constitui em tarefa fácil, mesmo em grupos pouco diversificados. A elaboração de uma lista de qualquer táxon de vertebrados ou invertebrados não é uma tarefa trivial e envolve, além da utilização de técnicas específicas e eficientes para amostrar um determinado grupo, um conhecimento razoável sobre sua sistemática, taxonomia, ecologia e história natural em geral. A formação de um pesquisador apto a lidar com a megadiversidade brasileira (para números e uma visão crítica de cada grupo, consulte *Megadiversidade*, n.1, Conservação Internacional, 2005) demanda mais tempo do que o possível dentro dos cursos de Biologia, sendo necessária a formação complementar em cursos de pós-graduação. Além disso, a alta taxa de descoberta de novas espécies, mesmo em grupos considerados como bem conhecidos, como primatas e aves, e a adoção de conceitos de espécie que refletem melhor a nossa diversidade (Aleixo, 2007; Silveira & Olmos, 2007) e que, conseqüentemente, refinam o nosso conhecimento sobre os táxons que ocorrem em um determinado espaço fazem que os

pesquisadores dedicados a realizar inventários de fauna tenham que se manter constantemente atualizados para que erros de identificação e de distribuição dos táxons não sejam cometidos.

Esbarramos aí em um dos primeiros problemas a serem discutidos – quem possui, então, habilitação e competência para elaborar essas listas? Atualmente, profissionais de diferentes áreas do conhecimento têm se aventurado a realizar inventários de fauna para empresas que elaboram estudos de impactos ambientais, com resultados dos mais diversos. Embora muitas vezes ligados às ciências naturais, eventualmente podemos ser surpreendidos ao ler relatórios em que os inventários foram conduzidos por profissionais de outras áreas, como Engenharia ou até mesmo das Ciências Humanas, todos em busca de uma fatia no rentável mercado das consultorias ambientais. Habilitação e competência são termos distintos e frequentemente mal utilizados e confundidos. Por definição, apenas o biólogo é o profissional que recebeu durante a sua formação na graduação todos os conhecimentos básicos e necessários para reconhecer e lidar com a biodiversidade. Isso não quer dizer que o mesmo biólogo seja competente para realizar inventários de qualquer grupo de forma correta. Essa competência vai sendo adquirida por meio da sua formação complementar, que pode advir de cursos e estágios realizados durante a sua graduação ou mesmo de uma desejável pós-graduação *stricto sensu* na sua área de especialidade. A utilização de profissionais devidamente habilitados e competentes para conduzir um inventário de fauna é um ponto fundamental, e frequentemente ignorado, para que as listas sejam produzidas de forma a gerar conhecimento útil e norteador de decisões políticas bem fundamentadas sobre como vamos lidar com os impactos no nosso meio ambiente.

Dessa forma, o primeiro ponto a ser abordado na elaboração de listas de fauna não é a própria elaboração da lista *per se*, mas a seleção de recursos humanos devidamente habilitados, capacitados e competentes para tal tarefa. Entretanto, a situação corrente ainda está longe da ideal, e uma parte significativa das centenas de empresas de consultoria ambiental prima mais por selecionar os seus consultores em razão do preço cobrado do que por suas credenciais acadêmicas e experiências em conduzir inventários de fauna que gerem dados de qualidade e que possam substanciar corretamente as decisões dos órgãos licenciadores.

As listas de fauna são um componente fundamental na análise das solicitações de empreendimentos que pretendem causar uma miríade de impactos no meio ambiente, muitos deles de grande porte e irreversíveis. Dessa forma, quem faz e como uma determinada localidade a ser potencialmente impactada é “fotografada” são temas da maior importância e responsabilidade. E é justamente nesse ponto tão importante do processo que também percebemos uma série de falhas. Como dito antes, os resultados de um inventário de fauna, expressos em seus dados primários, serão o balizador da análise a ser feita pelos órgãos ambientais. Falhas na coleta desses dados, ou a sua obtenção de forma incompleta ou incongruente, podem levar a consequências desastrosas para as espécies, seus padrões e processos (ver artigo de Trajano neste dossiê) e para o meio ambiente.

A legislação ambiental brasileira é considerada uma das mais avançadas do planeta, embora a efetiva implementação de alguns dos seus pontos seja motivo de controvérsias. Ainda assim, alguns dos setores que mais degradam o meio ambiente tentam há anos propor alterações importantes segundo os interesses do momento (ver, por exemplo, as recentes propostas em relação ao código florestal – conforme artigo de Varjabedian deste dossiê), sob o manto de “modernizá-la” ou “atualizá-la”. Esse arcabouço legal dá as diretrizes gerais, mas ainda falha em questões mais específicas, sendo bastante genérico com relação aos inventários de fauna, por exemplo. Isso deixa uma janela aberta para que esses inventários sejam conduzidos de uma maneira muitas vezes pouco científica, deixando de lado vários aspectos importantes e que poderiam ampliar a utilidade dessas listas.

Analisando, formal e informalmente, diversos relatórios de consultoria ambiental nos últimos anos, vimos que esses trabalhos pecam principalmente pela ausência de um desenho experimental eficiente, por problemas na escolha da metodologia, que pouco preza a documentação da presença das espécies e pelo tempo a ser gasto na amostragem em campo e nos museus. O que poderia, então, se constituir em um bom inventário de fauna? Essa questão, aparentemente simples, esconde uma série de propostas que necessariamente precisam ser adaptadas ao tamanho e impacto do empreendimento. A definição dos métodos e do período amostral geralmente é fornecida pelo órgão ambiental responsável pelo licenciamento. Entretanto, como observamos muitas vezes, os próprios analistas sugerem metodologias inadequadas, pouco eficientes ou baseadas em seus próprios preconceitos e idiosincrasias. Um bom exemplo disso é a negação de licença de coleta para determinados grupos animais ou a restrição do uso de armas de fogo, uma ferramenta essencial para a amostragem nas copas de árvores. Esta última ferramenta, por exemplo, se não utilizada, vai necessariamente subamostrar uma porção importante da diversidade de vertebrados cuja identificação é difícil em campo. As diferentes metodologias disponíveis e de uso consagrado para os inventários de fauna podem, e devem, ser adaptadas para cada situação. Uma pastagem degradada é menos complexa e mais simples, e deve ser amostrada de maneira distinta de um fragmento de floresta primária, onde a diversidade e o número de interações entre os seus componentes são exponencialmente maiores. Logo, a definição do método de amostragem da diversidade mais adequado e mais eficiente deve ser pensada em função do local a ser diretamente impactado e da sua área de entorno, que sofrerá com os impactos indiretos.

Embora os diferentes métodos possam, e devam, ser adaptados para a realidade de cada localidade a ser inventariada, acreditamos que alguns princípios gerais necessitem ser observados. Além da seleção de profissionais habilitados e competentes para a realização dos levantamentos, infelizmente deixada a cargo das empresas diretamente interessadas na aprovação de determinado empreendimento e caracterizando um potencial conflito de interesses, é importante que os órgãos ambientais se preocupem com o desenho experimental a ser aplicado. Esse é um fator bastante negligenciado e é, paradoxalmente, um dos mais importantes para

que um inventário de fauna seja realmente útil e permita que os analistas ambientais possam chegar a conclusões mais precisas. Entretanto, apesar da importância fundamental de um bom desenho experimental, o que se observa, em muitos casos, é a ausência de qualquer desenho experimental que faça sentido. É frequente a apresentação de listas de fauna obtidas sem que as transecções tenham sido objeto de réplicas ou sem áreas controle; não são apresentados índices de abundância para as espécies, médias e outros aspectos fundamentais de um inventário. Na maioria dos casos, nem mesmo uma simples curva de acumulação de espécies (também conhecida como curva do coletor) é apresentada, o que não permite sequer saber se o tempo gasto na amostragem foi suficiente para que a área possa ser considerada como razoavelmente bem conhecida, o que pode ser verificado pela observação da tendência da curva no gráfico. Surpreendentemente ou não, esses inventários, com falhas conceituais desde a sua concepção, são aqueles que embasam a decisão de suprimir ou impactar de uma forma importante uma determinada localidade.

Evidentemente, essa é uma questão que já chamou a atenção de diversos pesquisadores, e só muito recentemente os órgãos licenciadores começaram a perceber a importância de um bom desenho experimental e de exigir a sua aplicação. Dessa forma, uma iniciativa recente, desenvolvida por Magnusson et al. (2005) e conhecida por Rapeld, consiste basicamente numa combinação de inventários rápidos (RAP, em inglês) com pesquisas ecológicas de longa duração (Peld, em português). Esse método, que combina inventários de diversidade rápidos e eficientes com a obtenção de dados que podem ser utilizados em pesquisas de longa duração, foi desenvolvido para ser utilizado na Amazônia, a um custo relativamente baixo. Embora ainda apresente diversos problemas na sua operacionalidade, e dificilmente sendo aplicável a outras áreas que não aquelas homogêneas, com grande extensão e preferencialmente pertencentes ao poder público (ou seja, na Amazônia), logo passível de muitos aperfeiçoamentos, é um passo para que os dados sejam obtidos de forma padronizada e uniforme, permitindo que os impactos sejam mais bem avaliados por meio de programas de monitoramento (ver a seguir). O Rapeld, com todos os seus problemas de aplicabilidade, tem o valor de abrir a discussão para que os desenhos experimentais com a finalidade de subsidiar estudos de impacto ambiental sejam discutidos na comunidade acadêmica e que sejam propostos aos diversos tipos de empreendimento e ambientes presentes no Brasil, cuja história e dinâmica são distintas daquelas observadas na Amazônia.

Além do desenho experimental, outro aspecto importante a ser levado em consideração é a metodologia a ser utilizada. Essa precisa necessariamente ser eficiente, factível e capaz de gerar dados que respondam adequadamente ao problema proposto. De nada adianta um desenho experimental impecável, mas que exija uma metodologia impossível de ser aplicada ou que responda a diversas perguntas importantes do ponto de vista teórico, mas que não responda, basicamente, se determinado empreendimento é viável ambientalmente ou não. Outro ponto a ser considerado é a utilização de metodologias distintas, e cujo somatório agrega um maior número de espécies em um período reduzido de tempo. Apenas

como exemplo, em inventários de aves é comum a utilização de métodos que se fiam apenas em observações (com o auxílio de binóculos ou não) e na identificação das aves por meio das suas vocalizações, muitas vezes sem nenhuma preocupação em documentar os registros, resultando em um procedimento bastante pouco científico. Embora sejam dois métodos consagrados, algo eficientes e de baixíssimo custo, pois dependem apenas de um biólogo disposto a acordar cedo e caminhar, os seus resultados podem variar bastante. Desnecessário dizer que métodos que se utilizam apenas da busca ativa e cuja base é fundamentalmente a experiência pessoal já sejam, *per se*, cercados de vieses e com enorme potencial de influir de forma importante nos resultados finais. Basta uma ave não cantar no dia e horário em que o pesquisador está presente (algo muito comum fora da estação reprodutiva) ou que ela não se movimente muito, chamando a atenção do pesquisador, para que essa espécie não seja computada. A chance de detecção fica ainda menor caso as transecções não sejam utilizadas repetidas vezes, em dias distintos. Dessa forma, a utilização de métodos complementares de inventário, como as redes-de-neblina (método passivo) e armas de fogo, agrega um maior número de espécies, frequentemente em uma unidade de tempo menor. Além disso, a utilização desses métodos documenta inequivocamente a presença de uma determinada espécie em uma área, e a prática da coleta científica, devidamente autorizada e realizada dentro das normas já previstas na legislação, não impacta de maneira importante as populações naturais. Mais ainda, um exemplar coletado traz consigo uma série de dados importantes não só para o inventário em questão, mas também para o conhecimento básico sobre sistemática, taxonomia, biogeografia e história natural (para uma discussão sobre o tema, ver Remsen, 1995, e Piacentini et al., no prelo), contribuindo de maneira decisiva para a conservação das espécies *in situ* e *ex situ*. A complementariedade das metodologias deve ser encarada de forma séria e visando não à comodidade do pesquisador, mas fundamentalmente à obtenção de dados de qualidade e que proporcionem tomadas de decisão bem embasadas.

Outro aspecto ou ignorado ou realizado de forma incorreta está relacionado com a sazonalidade dos estudos e o tempo gasto na amostragem de cada área selecionada. De um modo geral, muitos inventários são conduzidos em apenas uma época do ano, em poucos dias, atendendo mais à necessidade do contratante do que à necessidade de obter dados confiáveis. Uma parcela significativa da diversidade de animais brasileiros responde positivamente às variações sazonais, e esse aspecto deve ser adequadamente contemplado nos inventários. Várias áreas no Brasil servem de ponto de repouso para espécies migratórias, por definição altamente sazonais. Inventários conduzidos em apenas uma época do ano podem deixar de fora essas espécies, que dependem dessas áreas de repouso para sobrevivência e para acumular gordura para enfrentarem o caminho de volta aos seus locais de reprodução. O período de amostragem em campo também deve ser suficiente para que determinado grupo de fauna seja bem amostrado, e essa definição deve partir dos órgãos ambientais, e não o contrário.

Os inventários, como já dito, são um dos pilares que embasam a tomada de decisões a respeito de empreendimentos que vão impactar o meio ambiente. Raros são os empreendimentos que não são autorizados, a despeito do seu impacto. Desconhecem-se ainda os efeitos sinérgicos de pequenos impactos, que vão se somando no decorrer do tempo (ver artigo de Trajano neste dossiê). Dessa forma, outro aspecto importante que decorre desses inventários são os programas de monitoramento. Esses devem ser conduzidos por um período longo, preferencialmente três anos ou mais, para que possa ser verificado se determinado impacto alterou de forma importante as comunidades animais. Inventários não são programas de monitoramento. Mas, se feitos de maneira padronizada, com uma coleta de dados inteligível e organizada, tornam-se pontos de partida fundamentais para que os programas de monitoramento tenham sucesso. Os programas de monitoramento, atualmente, são a ferramenta mais poderosa para avaliar os impactos nas populações naturais, e a existência e continuidade desses programas devem ser incentivadas e os seus custos já devem ser incorporados aos empreendimentos.

Ressaltamos aqui a importância de inventários bem conduzidos, sugerindo uma discussão mais aprofundada sobre protocolos gerais e padronização dos métodos, levando-se em conta as particularidades de cada grupo. Os inventários realizados hoje em dia, em sua maioria, não são comparáveis entre si e dificilmente se prestam para responder a perguntas mais amplas, especialmente aquelas relacionadas com a sinergia causada por diversos impactos em áreas próximas entre si e que só poderão ser percebidos tardiamente. As diferenças de método e a ausência de protocolos gerais, testados cientificamente e factíveis, podem simplificar realidades complexas, levando a tomadas de decisões equivocadas e que só serão percebidas quando não será mais possível sanar ou mitigar determinados impactos, cujas consequências são imprevisíveis e muito custosas para a sociedade.

Luís Fábio Silveira

Estudos de caso

I Variações sazonais e infra-anuais na amostragem de mamíferos terrestres por armadilhas fotográficas

Beatriz de Mello Beisiegel

Os mamíferos apresentam uma enorme variedade de portes e hábitos, podendo tanto usar áreas de poucos hectares (por exemplo, cuícas *Micoureus demerarae* [Moraes Junior & Chiarello, 2005, p.89]) como áreas imensas, da ordem de centenas de hectares ou quilômetros quadrados, com padrões temporais de uso muito variáveis, irregulares ou cuja regularidade só pode ser identificada após longos períodos de estudo (ver, por exemplo, queixadas *Tayassu pecari* [Fragoso, 1998, p.462, 463, 466]; quatis *Nasua narica* [Hass, 2002, p.938] e *Nasua nasua* [Beisiegel & Mantovani, 2006, p.82-3]; onças pintadas *Panthera onca* [Cavalcanti & Gese, 2009, p.938, 942]). Muitas espécies apresentam também ciclos de variação populacional, bem compreendidos em pequenos mamíferos europeus (ver exemplos em Begon et al., 2007, p.432-7) e estudados também em pequenos mamíferos brasileiros (por exemplo, Oliveira et al., 2007, p.30-2). Para médios e grandes mamíferos brasileiros, entretanto, nada é conhecido sobre a existência de tais ciclos. Embora variações significativas ocorram nas populações de mamíferos terrestres em florestas tropicais bem estudadas como a Ilha de Barro Colorado, no Panamá, sabe-se apenas que essas ocorrem em resposta a variações ambientais (Leigh Junior, 1996, p.437).

Este artigo demonstra a variabilidade temporal na detecção de mamíferos terrestres e a conseqüente necessidade de estudos de longo prazo, com grande esforço amostral, para permitir uma descrição da mastofauna de determinada área. Para tanto serão utilizados os resultados de um monitoramento de longa duração da comunidade de mamíferos realizado em uma grande área de Mata Atlântica, o Parque Estadual Carlos Botelho (PECB), SP, utilizando amostragem contínua por armadilhas fotográficas, iniciado em maio de 2006.

Foram utilizadas 7 a 12 armadilhas fotográficas (Tigrinus modelo convencional). Os resultados apresentados referem-se ao período do início do estudo a julho de 2009, em um período total de 1.165 dias, totalizando 5.715 dias-armadilha em 78 pontos ao longo de 39 meses. Foram obtidas 1.215 fotos para as quais a espécie fotografada pôde ser identificada com certeza. Fotos de uma mesma espécie em um mesmo local em um período de 10 minutos foram consideradas uma captura fotográfica. Os dados foram analisados quanto à sazonalidade e variação anual nas taxas de captura fotográfica (número de capturas normalizado pelo esforço amostral em cada estação ou ano) e quanto à frequência total e mensal de capturas. No último ano de amostragem, foi colocada uma armadilha fotográfica permanente em um local da estrada não amostrado nos demais anos, o que causou um grande aumento na taxa de capturas de algumas espécies (especialmente

jaguatiricas *Leopardus pardalis*) neste ano. Dessa forma, a análise da variação anual nas taxas de capturas foi feita separadamente para ambientes abertos (estradas e aceiros) e fechados (interior da floresta).

Foram identificadas 28 espécies de mamíferos nativos (Tabela 1.1) e duas espécies exóticas, a lebre *Lepus europaeus* e o cão doméstico *Canis familiaris*. Considerou-se que espécies com menos de dez capturas foram raramente registradas, e apenas os dados relativos às espécies com dez ou mais capturas no período foram analisados.

As treze espécies raramente capturadas incluíram tanto animais naturalmente raros como a cuíca d'água *Chironectes minimus* e o cachorro-vinagre *Speothos venaticus*, quanto outros que podem ter sido pouco capturados por terem suas populações afetadas pela caça ou pela abundância de predadores de topo (por exemplo, cateto *Pecari tajacu*, tatu galinha *Dasypus novemcinctus*, tatu de rabo mole *Cabassous tatouay*, cotia *Dasyprocta azarae*), competição com espécies da mesma guilda (por exemplo, veado catingueiro *Mazama gouazoubira*, gato do mato *Leopardus tigrinus*, gato mourisco *Puma yagouaroundi*, cotia *Dasyprocta azarae*), ou baixa amostragem dos ambientes mais utilizados pelas espécies (o que talvez se aplique ao gato do mato e veado catingueiro, ao gambá *Didelphis albiventris* e ao furão *Galictis cuja*). Oito dessas treze espécies apresentam interesse especial para a conservação por serem inseridas em alguma categoria de ameaça em São Paulo ou no Brasil, e cinco delas começaram a ser capturadas apenas a partir do segundo ano de amostragem contínua.

A sazonalidade na variabilidade na oferta de recursos alimentares ocorre mesmo em florestas tropicais onde não existe uma época seca pronunciada (Mollato et al., 2000, p.817-20) e é um determinante fundamental na história de vida de mamíferos, influenciando períodos reprodutivos, padrões de uso do espaço e taxas de natalidade e mortalidade (por exemplo, Oliveira et al., 2007, p.30-2; Beisiegel & Mantovani, 2006, p.81). Todas as espécies nativas com mais de 10 capturas, com exceção do tamanduá bandeira *Myrmecophaga tridactyla*, apresentaram variação sazonal aparente na frequência de capturas fotográficas (Gráfico 1.1), e para nove delas essa variação foi significativa. A diminuição de recursos alimentares durante a época de menor precipitação pode explicar o aumento na taxa de capturas de *Cerdocyon thous*, *Leopardus pardalis* e *Puma concolor* durante o outono e o inverno, já que essas espécies precisam se deslocar mais e/ou aumentar suas áreas de uso durante esse período (B. M. Beisiegel, dados não publicados). O período de acasalamento de *Panthera onca* no PECB, que parece ser na primavera, pode influenciar o aumento na taxa de capturas da espécie nesse período; entretanto, parte das variações sazonais observadas ainda não pode ser explicada.

Além da variação sazonal, todas as espécies apresentaram diferenças aparentes na taxa de capturas entre os anos. Para três espécies (*Puma concolor*, *Didelphis aurita* e *Tapirus terrestris*), essa variação infra-anual foi significativa tanto no interior da floresta quanto em áreas abertas; outras três espécies (*Guerlinguetus ingra-*

Tabela 1.1 – Mamíferos identificados por capturas fotográficas em 39 meses de monitoramento no Parque Estadual Carlos Botelho, SP (modificada de Beisiegel, 2009). As espécies estão organizadas pelo tempo necessário, a partir do início do monitoramento, para a captura de cada uma. As categorias de ameaça representam as classificações nas listas oficiais de São Paulo (2008) e do Brasil (MMA, 2003). As capturas representam o número de capturas fotográficas até julho de 2009

Espécies	Nome popular	Categoria de ameaça (SP-BR)	Dias a partir do início	Capturas
<i>Mazama americana</i>	Veado mateiro	VU-na	3	108
<i>Leopardus pardalis</i>	Jaguatirica	VU-VU	4	92
<i>Metachirus nudicaudatus</i>	Cuíca 4 olhos castanha	NT-na	5	7
<i>Philander frenatus</i>	Cuíca 4 olhos	na-na	11	103
<i>Guerlinguetus ingrami</i>	Esquilo	na-na	19	20
<i>Procyon cancrivorus</i>	Guaxinim	na-na	23	50
<i>Panthera onca</i>	Onça pintada	CR-VU	30	20
<i>Tapirus terrestris</i>	Anta	VU-na	30	196
<i>Cerdocyon thous</i>	Lobinho	na-na	31	21
<i>Eira barbara</i>	Irara	na-na	62	13
<i>Chironectes minimus</i>	Cuíca d'água	NT-na	72	3
<i>Leopardus wiedii</i>	Gato-maracajá	EN-VU	73	15
<i>Puma concolor</i>	Onça parda	VU-VU	77	97
<i>Nasua nasua</i>	Quati	na-na	114	11
<i>Cuniculus paca</i>	Paca	NT-na	131	31
<i>Dasybus novemcinctus</i>	Tatu galinha	na-na	134	2
<i>Dasyprocta azarae</i>	Cotia	na-na	184	2
<i>Didelphis aurita</i>	Gambá	na-na	192	112
<i>Mazama gouazoubira</i>	Veado catingueiro	na-na	195	1
<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	Tamanduá bandeira	VU-VU	220	21
<i>Pecari tajacu</i>	Cateto	NT-na	288	7
<i>Puma yagouaroundi</i>	Gato mourisco	na-na	308	4
<i>Cabassous tatouay</i>	Tatu de rabo mole	DD-na	345	1
<i>Galictis cuja</i>	Furão	DD-na	451	2
<i>Monodelphis scalops</i>	Catita	NT-na	645	1
<i>Didelphis albiventris</i>	Gambá	na-na	779	1
<i>Leopardus tigrinus</i>	Gato do mato	VU-VU	837	6
<i>Speothos venaticus</i>	Cachorro-vinagre	DD-VU	891	2

Abreviaturas: na = não ameaçada; NT = quase ameaçada; VU = vulnerável; EN = em perigo; CR = criticamente em perigo; DD = dados insuficientes. As linhas realçadas em amarelo e verde representam, respectivamente, as espécies capturadas a partir do segundo e terceiro anos de amostragem.

mi, *Procyon cancrivorus* e *Philander frenatus*) apresentaram variação infra-anual significativa apenas em áreas fechadas (Gráfico 1.2), e *Cerdocyon thous*, *Mazama americana* e *Leopardus pardalis* apresentaram variação infra-anual na frequência na taxa de capturas em estradas e aceiros (Gráfico 1.3). Três espécies, os guaxinins *Procyon cancrivorus*, os esquilos *Guerlinguetus ingrami* e os quatis *Nasua nasua* ficaram ausentes dos registros durante 12 ou mais meses, e uma quarta espécie, a onça pintada *Panthera onca*, apresentou uma frequência quase mensal de capturas fotográficas seguida por um quase desaparecimento intercalado por apenas uma captura (Gráfico 1.4). Todas essas variações foram acompanhadas por variações correspondentes em outros registros dessas espécies em campo – indícios e contatos visuais. O entendimento dessas flutuações de longo prazo é muito mais complexo do que o da variação sazonal, e, até o momento, não dispomos de dados suficientes para explicar essas variações no PECB. Mudanças na densidade populacional das espécies amostradas, associadas a grandes áreas de uso percorridas ao longo de períodos de tempo que podem ultrapassar um ano, além de interações com populações de predadores e presas, podem explicar algumas das variações encontradas.

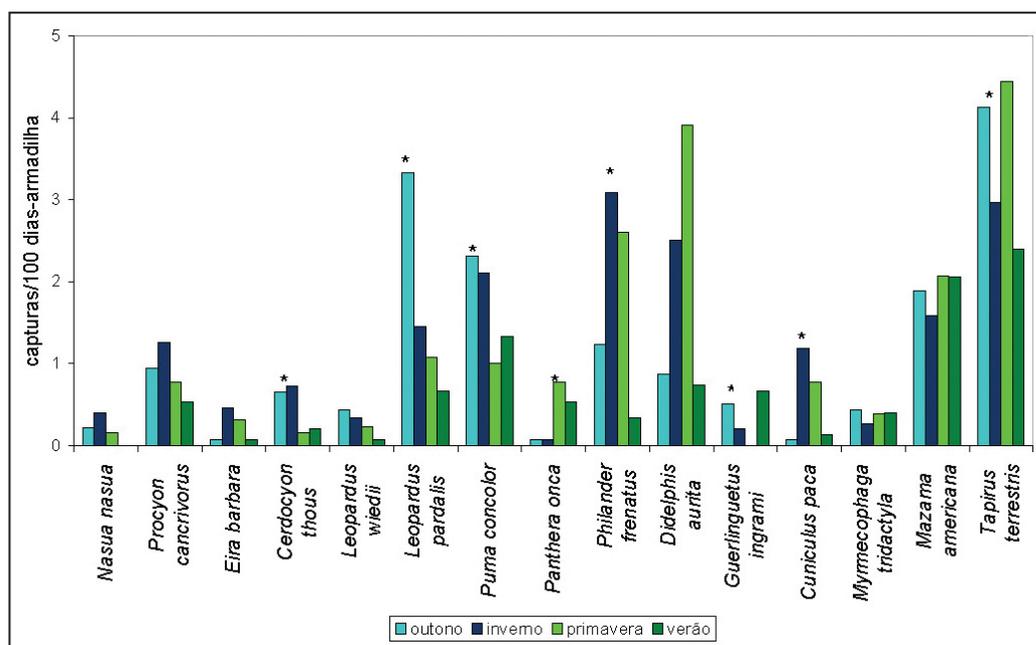


Gráfico 1.1 – Variação sazonal na taxa de capturas fotográficas de mamíferos terrestres ao longo de 39 meses no Parque Estadual Carlos Botelho (SP). As espécies marcadas com * são aquelas para as quais houve variação significativa no teste X^2 de aderência.

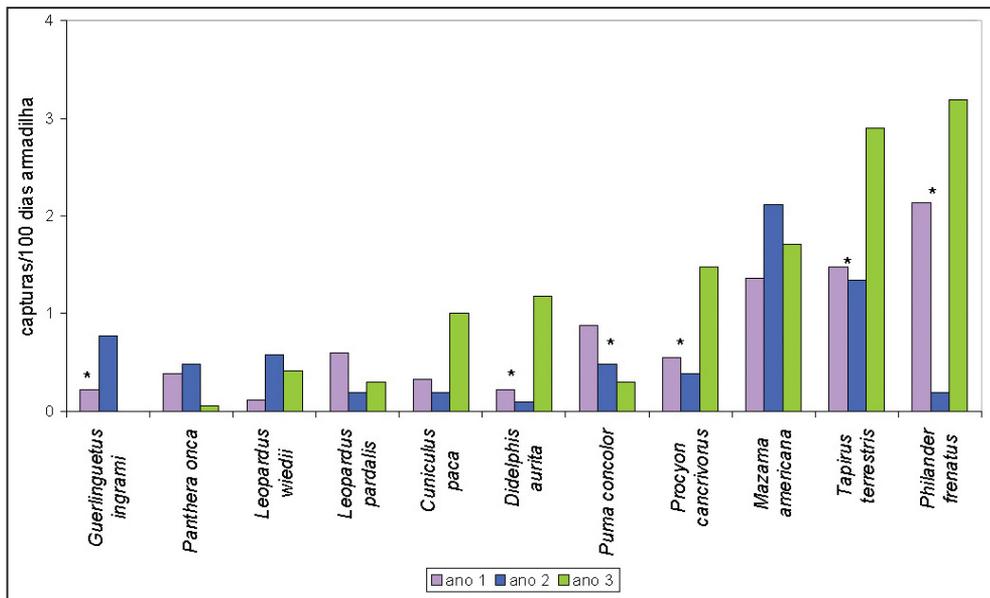


Gráfico 1.2 – Variação anual na taxa de capturas fotográficas de mamíferos terrestres no interior da floresta ao longo de 36 meses no Parque Estadual Carlos Botelho (SP). As espécies marcadas com * são aquelas para as quais houve variação significativa no teste X^2 de aderência. Ano 1: junho de 2006 a maio de 2007; ano 2: junho de 2007 a maio de 2008; ano 3: junho de 2008 a maio de 2009.

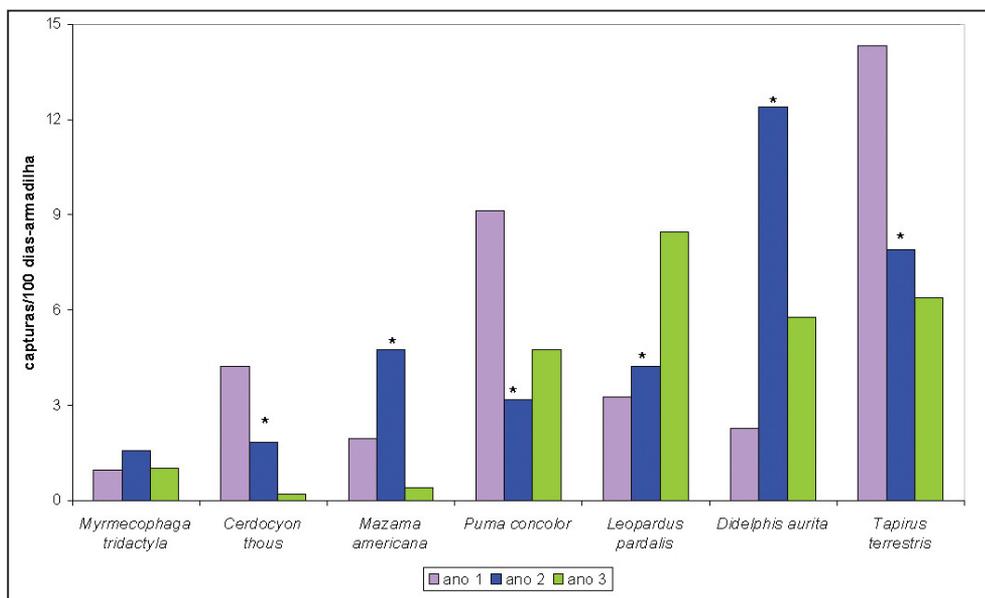


Gráfico 1.3 – Variação anual na taxa de capturas fotográficas de mamíferos terrestres em estradas e aceiros ao longo de 36 meses no Parque Estadual Carlos Botelho (SP). As espécies marcadas com * são aquelas para as quais houve variação significativa no teste X^2 de aderência. Ano 1: junho de 2006 a maio de 2007; ano 2: junho de 2007 a maio de 2008; ano 3: junho de 2008 a maio de 2009.

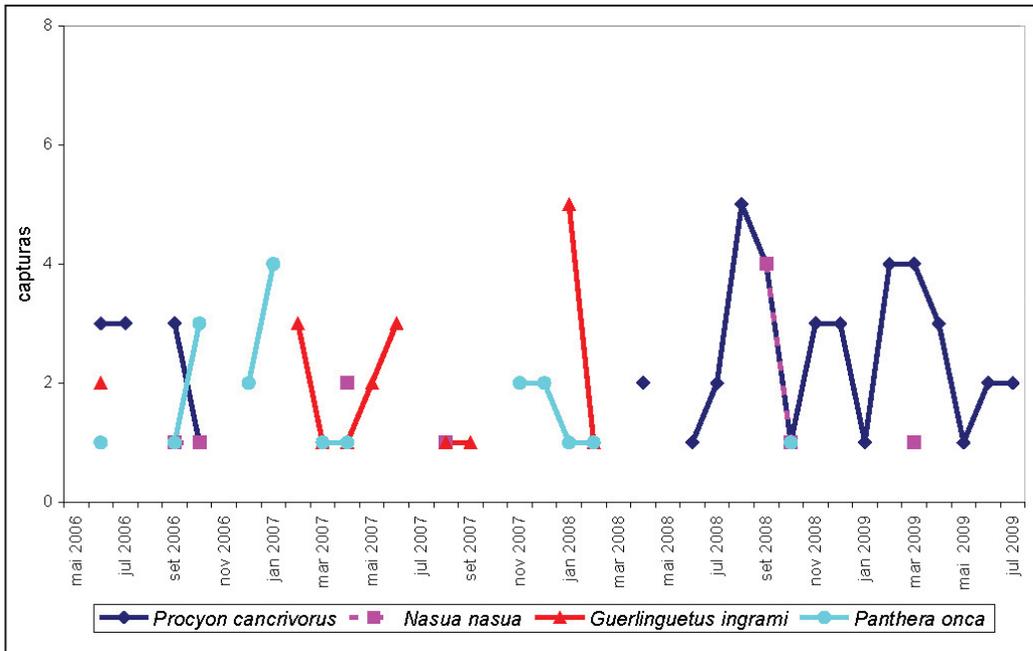


Gráfico 1.4 – Variação mensal na frequência de capturas fotográficas das espécies com maiores descontinuidades no registro fotográfico no Parque Estadual Carlos Botelho (SP), em um período de 39 meses.

Apenas quatro espécies com 10 ou mais registros (*Nasua nasua*, *Eira barbara*, *Leopardus wiedii* e *Myrmecophaga tridactyla*) não apresentaram variação sazonal ou infra-anual na frequência de capturas. Entretanto, as primeiras três espécies apresentaram uma baixa frequência de capturas e os tamanduás bandeira *Myrmecophaga tridactyla* foram registrados pela primeira vez no PECB no final do primeiro ano de amostragem por armadilhas fotográficas.

Os resultados expostos apontam para a existência de variações de longo prazo nas populações ou no uso do espaço pelos mamíferos terrestres em áreas de Mata Atlântica e indicam a necessidade de longos períodos de amostragem para a descrição da mastofauna dessas áreas.

A dimensão na qual essa necessidade não é atendida pelos atuais Estudos de Impacto Ambiental pode ser sugerida pela comparação com os esforços amostrais e resultados obtidos com armadilhamento fotográfico em um EIA-Rima selecionado em razão da boa qualidade, da dimensão do impacto ambiental a ser causado e da proximidade geográfica e de condições ambientais com o PECB.

Esse EIA foi elaborado para o licenciamento da ampliação da Mina Limeira, no município de Ribeirão Grande, SP (Companhia de Cimento Ribeirão Grande, 2003). Essa mina localiza-se na Zona de Amortecimento da Estação Ecológica de Xitué, que com o Parque Estadual Intervales, o Petar e o PECB, compõe o contínuo florestal de Paranapiacaba, um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica.



Onça pintada (Panthera onca).



Guaxinim (Procyon cancrivorus).

Apesar de contar com uma equipe de vários profissionais para o diagnóstico de fauna, tendo sido elaborado cuidadosamente o esforço amostral para o diagnóstico de mamíferos por armadilhamento fotográfico resumiu-se a aproximadamente 23 dias-armadilha ao longo de seis meses. Um esforço semelhante, no PECEB, seria suficiente para capturar apenas a primeira (7 armadilhas x 3 dias = 21 dias-armadilha) das 28 espécies amostradas durante este estudo, ou seja, 3,57% do total de espécies amostrada. Um esforço amostral de seis meses, ou aproximadamente 180 dias, como utilizado pelo EIA da Companhia de Cimento Ribeirão Grande, mesmo se realizado com sete a 10 armadilhas fotográficas, teria registrado as primeiras 16 espécies apresentadas na Tabela 1.1, falhando em detectar espécies de extrema importância para a conservação como o tamanduá bandeira *Myrmecophaga tridactyla*, o cateto *Pecari tajacu* e o cachorro-vinagre *Speothos venaticus*. Um estudo realizado ao longo desse período detectaria apenas parte da variação sazonal e nenhuma variação infra-anual nas taxas de captura de mamíferos, conduzindo a resultados completamente errôneos que super ou subestimariam a abundância das espécies amostradas.

Em conjunto com a amostragem por armadilhas fotográficas, os outros métodos de amostragem da mastofauna empregados pelo EIA da Companhia de Cimento Ribeirão Grande, totalizando cerca de 267 horas de trabalho de campo distribuídos em 28 dias ao longo de um semestre, registraram 28 espécies de mamíferos para a área (Companhia de Cimento Ribeirão Grande, 2003, v.5, Anexo 11, Parte 5). Uma comparação semelhante à realizada para a amostragem por armadilhas fotográficas poderia ser aplicada às demais metodologias utilizadas no estudo, reforçando a conclusão de que tal quantidade de espécies deve representar apenas uma parcela ínfima da riqueza da mastofauna da área. O fato de que esse EIA foi cuidadosamente elaborado em comparação a muitos outros e se destina ao licenciamento de uma atividade de enormes impactos potenciais sobre uma das áreas mais importantes para a conservação da Mata Atlântica aponta para a total insuficiência da legislação ambiental atual no que diz respeito ao rigor com que deve ser feita a caracterização da fauna das áreas a serem atingidas por impactos ambientais.

2 Considerações sobre métodos e critérios empregados em estudos ambientais sobre a herpetofauna

Felipe Franco Curcio, Paula Hanna Valdujo, Marianna Dixo e Vanessa Kruth Verdade

O termo herpetofauna refere-se às espécies de répteis e anfíbios de uma determinada área. Em levantamentos faunísticos, esses dois grupos são amostrados conjuntamente, uma vez que os métodos para sua amostragem se sobrepõem amplamente. Esses métodos, por sua vez, são variados e a aplicação combinada de alguns deles é importante para que os resultados dos inventários sejam satisfatórios.

O primeiro objetivo de um estudo de impacto ambiental consiste em identificar a maior parte possível das espécies que ocorrem na área do empreendimento em questão. A riqueza da herpetofauna pode variar muito em razão da localização geográfica, extensão e diversidade paisagística da área. Considerando-se que no Brasil ocorrem 849 espécies de anfíbios e 708 espécies de répteis, distribuídas de forma heterogênea pelos seis biomas do território, a tarefa de identificação das espécies é difícil. Adicionalmente, sabemos que essa diversidade está subestimada, uma vez que a taxonomia de répteis e anfíbios neotropicais está em pleno desenvolvimento, demonstrando que ainda há muito por ser descoberto.

Uma vez identificadas, as espécies devem ser caracterizadas quanto à distribuição geográfica, à história natural e ao *status* de conservação, buscando-se informações que estão dispersas na literatura e em coleções zoológicas. Muitas das espécies de répteis e anfíbios são desconhecidas quanto a aspectos básicos de sua história natural, e, em estudos ambientais, frequentemente essas informações são trazidas pela experiência pessoal dos herpetólogos. Um forte indicativo da falta de informação a respeito da história natural das espécies é o fato de 30% das espécies de anfíbios brasileiros avaliadas pela IUCN, na última revisão das espécies globalmente ameaçadas, terem sido classificadas como deficientes em dados.

Outro objetivo importante de estudos ambientais consiste em determinar a forma como as espécies se distribuem na área do empreendimento, visando identificar a extensão dos impactos sobre as populações que estarão expostas a eles. Particularmente, no caso da herpetofauna, esse ponto é muito importante, pois a maioria das espécies é especialista em relação ao tipo de ambiente. Esses ambientes estão geralmente distribuídos em mosaico pelas áreas de interesse e muitas espécies apresentam baixa mobilidade.

Um ponto fundamental na avaliação dos impactos consiste em avaliar se as espécies que serão afetadas por um determinado empreendimento estão também representadas em áreas não impactadas. A ocorrência das espécies em outras áreas não exclui a possibilidade de dano permanente a uma determinada população. Por exemplo, ainda que uma determinada espécie de tartaruga esteja amplamente distribuída por um rio, ela pode ser dependente de sítios específicos para repro-

dução, e a interrupção do fluxo ou alagamento desses sítios pode levar à extinção local da espécie.

Por fim, devem ser exploradas as medidas de mitigação e de compensação dos impactos, tendo em conta as características de história natural das espécies, tais como seus sítios de reprodução, importância da área impactada e das populações afetadas para a dinâmica regional das populações e comunidades. Deve-se considerar a possibilidade de perda de conectividade entre populações e entre os diferentes ambientes utilizados pelas espécies, bem como as formas de minimizar seus efeitos.

Métodos de estudo

Levantamento de dados secundários

O passo inicial para qualquer estudo ambiental deve ser a elaboração de uma lista de espécies de potencial ocorrência na área do estudo. Esse primeiro passo realiza-se por meio de revisão bibliográfica e, especialmente, da busca em coleções herpetológicas regionais e de maior abrangência geográfica.

Escolha dos métodos de captura

A amostragem adequada da herpetofauna depende da aplicação simultânea de métodos complementares entre si, no intuito de cobrir adequadamente a grande diversidade de hábitos das espécies envolvidas. Sendo assim, muitos métodos podem ser empregados num levantamento, dependendo de fatores como o objetivo do estudo, o local/bioma onde o estudo será realizado, o tempo disponível para o trabalho de campo e a disponibilidade de recursos.

Os principais métodos empregados em amostragens de répteis e anfíbios podem ser divididos em dois grandes grupos: i) procura ativa, em que o herpetólogo procura os animais ativamente; e ii) amostragem passiva, em que os animais são registrados por meio de armadilhas ou instrumentos instalados em campo.

Procura ativa

Os métodos baseados em procura ativa são mais generalistas, registrando grande variedade de espécies, mas exigem sempre a presença do herpetólogo. Entre os métodos de procura ativa existentes, o mais empregado é o de encontro por procura visual. Os herpetólogos procuram sob troncos, pedras, rastelam o folhicho, e vasculham os mais variados habitats potenciais, como bromélias, ocos de árvores e cupinzeiros. Esse método permite registrar espécies com hábitos diversos (isto é, arborícolas, aquáticas, terrestres e fossoriais). É um processo bastante versátil e generalista de detecção e captura de vertebrados em campo (Crump Jr., 1994), realizando-se nos períodos diurno e noturno. Muitas espécies raras e/ou crípticas que dificilmente são registradas por métodos de amostragem passiva são eventualmente registradas por procura ativa. A procura pode ser realizada de forma aleatorizada no ambiente ou empregada em uma área específica demarcada, como uma transecção ou uma parcela. O esforço empregado pelo método pode ser contabilizado por unidade de tempo (horas-homem, por exemplo) ou por unidade de área de procura (parcelas em m², transectos em km, por exemplo).

Outro método de procura ativa bastante empregado é a procura em sítios reprodutivos, em que o herpetólogo deve localizar e percorrer o perímetro, as margens e/ou interior de brejos, córregos, lagoas e poças na área de estudo, durante os períodos crepuscular e noturno. Na realização do percurso, devem ser registradas as espécies encontradas por visualização ou pela vocalização. Esse método, apesar de concentrar-se principalmente nas espécies de anfíbios, é eficiente para amostragem de jacarés, serpentes e tartarugas.

Amostragem em estradas

O método de amostragem em estradas (Fitch, 1987) é eficiente para todos os grupos, mas especialmente para a detecção de serpentes. Consiste em percorrer as estradas em baixa velocidade procurando espécimes que estejam parados ou deslocando-se por elas; espécimes mortos por atropelamento são frequentemente registrados por esse método. Os resultados podem ser incluídos como observações fortuitas ou sistematizados, registrando-se a distância percorrida e os tipos de ambiente amostrados. A eficiência do método depende da habilidade do herpetólogo em avistar os espécimes – mesmo aqueles de pequeno porte – e capturá-los.

Vantagens e desvantagens

Em geral, os custos dos métodos de amostragem ativa são baixos e muito eficientes para amostragem da ampla maioria das espécies da herpetofauna. No entanto, os resultados dependem da experiência de cada herpetólogo envolvido no trabalho; pessoas treinadas podem encontrar um número maior de espécies e de indivíduos do que novatos. Da mesma forma, a identificação de cantos em campo depende da facilidade em discernir sons, bem como da experiência de cada um. Também convém ressaltar que poucas localidades podem ser amostradas simultaneamente por esse método, uma vez que o número de herpetólogos em campo é limitado.

Amostragem passiva

Entre as armadilhas mais utilizadas para amostragem da herpetofauna, estão as de interceptação e de queda. Esse método consiste na utilização de baldes enterrados no substrato, conectados entre si por cercas feitas de lona e estacas, que mantêm a sua estrutura em pé. A cerca intercepta os animais, direcionando-os para as armadilhas (para mais detalhes, consultar Gibbons & Semlistsch, 1981; Corn, 1994, Echin & Martins, 2000). Apesar de cobrirem um universo mais restrito de espécies quando comparadas à procura ativa, amostrando especialmente os animais com hábitos terrestres e/ou fossoriais, de pequeno e médio porte, as armadilhas de queda são responsáveis por registros que dificilmente ocorrem por busca ativa, como espécies de cecílias, entre os anfíbios, e de cobras-de-duas-cabeças (anfisbenas), entre os répteis. Muitas espécies novas para a ciência vêm sendo descobertas pela utilização desse método.

Além de répteis e anfíbios, roedores e marsupiais são também capturados com frequência em armadilhas de queda. Por isso, as características e a disposição

das armadilhas podem ser discutidas entre os consultores de herpetofauna e mastofauna, visando contribuir na amostragem dos dois grupos.

Embora sejam ainda pouco utilizadas, armadilhas de funil vêm se mostrando eficientes na captura de serpentes, cujos registros são, na maioria das vezes, fortuitos. Esse método pode ser empregado em locais onde não é possível instalar os baldes (por exemplo, em solos pedregosos ou afloramentos rochosos), ou também em parceria com as armadilhas de queda, complementando a amostragem (Hudson, et al. 2006).

Um método ainda pouco popularizado, mas bastante eficiente para o registro de anfíbios em sítios reprodutivos, consiste na instalação de gravadores programados para registrar o som a intervalos regulares de tempo (*data logger*; Jansen, 2009). Vários gravadores podem ser instalados em diversas áreas simultaneamente e representam um ganho significativo na amostragem de anfíbios em época reprodutiva. Esse método é bastante confiável para a comparação qualitativa entre áreas, podendo ser também utilizado para detectar variações na abundância das espécies, não em valores absolutos, mas em classes de abundância.

Vantagens e desvantagens

A amostragem passiva permite que várias áreas sejam amostradas simultaneamente, e o esforço pode ser padronizado. Entretanto, os custos e o esforço para implementação desses métodos são maiores do que os de procura ativa.

Compilações mais detalhadas sobre os métodos de captura de répteis e anfíbios são fornecidas por Caleffo (2002) e Franco & Salomão (2002).

Complementaridade

Dentre os principais métodos de amostragem da herpetofauna, como selecionar qual é o mais adequado a ser adotado em um determinado estudo ambiental? A herpetofauna engloba uma grande diversidade de espécies, com diferentes formas de vida, tamanhos e hábitos. Estruturalmente, existem desde espécies diminutas de anuros com menos de um centímetro até serpentes, lagartos, jacarés e tartarugas de grande porte. Portanto, para uma amostragem adequada que contemple todos esses grupos, deve ser realizada a aplicação conjunta e complementar desses métodos. Alguns aspectos importantes dessa abordagem complementar serão discutidos a seguir.

Distribuição dos pontos de amostragem

Independentemente do método utilizado, os pontos de amostragem devem ser distribuídos visando contemplar toda a variação ambiental existente na área que sofrerá o impacto, para que a maior parte de riqueza local seja amostrada. A seleção dos métodos mais adequados depende do ambiente a ser amostrado.

Existem diversas formas de sistematizar a distribuição dos pontos de amostragem, como seleção em pontos dispostos a intervalos regulares (por exemplo, a cada 1 km), pontos aleatórios distribuídos pela área de influência do empreendimento e pontos selecionados propositalmente em razão de suas características

ambientais. Todos eles apresentam vantagens e desvantagens para cada objetivo a ser alcançado; no caso de estudos visando à análise de impactos, as áreas devem ser selecionadas deliberadamente para que seja possível contemplar a maior parte da riqueza existente sujeita aos potenciais impactos. Para a seleção desses pontos, devem ser consideradas as características do empreendimento, a paisagem, e o conhecimento prévio do especialista a respeito das características da história natural das espécies e do potencial de cada tipo de ambiente. Apesar de a distribuição deliberada dos pontos apresentar algumas desvantagens estatísticas, parece ser a alternativa mais adequada para cumprir o objetivo de detectar a maior parte das espécies da área.

Além de amostrar a área que será diretamente afetada, a amostragem de pontos na área de influência indireta dos empreendimentos é importante. Dados tomados nessas áreas podem revelar impacto em uma escala regional, especialmente para as espécies que têm distribuição em manchas determinadas pelo tipo de habitat. Por exemplo, para que seja possível compreender quais os impactos da supressão de uma lagoa onde diversas espécies de anuros se reproduzem, é necessário saber se existem outras populações dessas mesmas espécies que se reproduzam em sítios próximos e que não serão afetados.

Em muitos casos, não é possível utilizar todos os métodos de amostragem em todos os tipos de ambientes. Por exemplo, armadilhas de queda não podem ser instaladas nos sítios de reprodução de anfíbios, em razão do encharcamento do solo. Nesse caso, a utilização de métodos de procura ativa em todos os sítios reprodutivos torna os resultados comparáveis, pelo menos qualitativamente. No entanto, convém ressaltar que sempre que for necessário comparar valores de abundância das espécies em diferentes locais, devem ser empregados rigorosamente os mesmos métodos.

Esforço de amostragem

O esforço de amostragem ideal varia em razão do tamanho da área e de sua heterogeneidade, uma vez que áreas muito extensas e/ou muito heterogêneas demandam um maior número de unidades amostrais. A melhor forma de avaliar o esforço é por meio de *curvas de rarefação*, também conhecidas como *curvas de acúmulo de espécies* (Gráfico 2.1). Uma área pode ser considerada bem amostrada a partir do momento que a curva de “número de espécies X tempo de amostragem” atinge seu ponto de inflexão, o que acontece conforme o número de espécies com poucos registros diminui, e aumenta o número de espécies com diversos registros. É importante que seja construída uma curva para cada método de amostragem considerando separadamente répteis e anfíbios, bem como os dois grupos em conjunto, uma vez que alguns métodos são mais limitados que outros em relação às espécies potencialmente detectáveis. Aparentemente, no Gráfico 2.1, a curva que representa o acúmulo de espécies por meio de amostragem passiva está estabilizada, passando a ideia de que boa parte das espécies tenha sido detectada; entretanto, nem todas as espécies são registradas por esse método, o

que pode ser observado nas curvas referente aos métodos de procura ativa e a todos os métodos em conjunto.

Em razão de a maioria das espécies apresentar fortes alterações de atividade ao longo do ano, especialmente os anfíbios, uma amostragem realizada numa época em que poucas espécies estão em atividade pode resultar na estabilização da curva de acúmulo de espécies. Entretanto, essa estabilização se dará num valor muito inferior à riqueza real da região em estudo, o que significa que as curvas devem ser interpretadas com cuidado, considerando sempre as particularidades da região, das espécies que estão sendo estudadas e o período em que a amostragem foi realizada.

Alguns estudos apresentam, juntamente com a curva de rarefação, uma estimativa de riqueza, calculada em razão da forma da curva e do número de espécies capturadas apenas uma ou duas vezes. Existem diversos estimadores, muitos deles calculados pelo *software* livre EstimateS 8.0 (Colwell, 1994-2005).

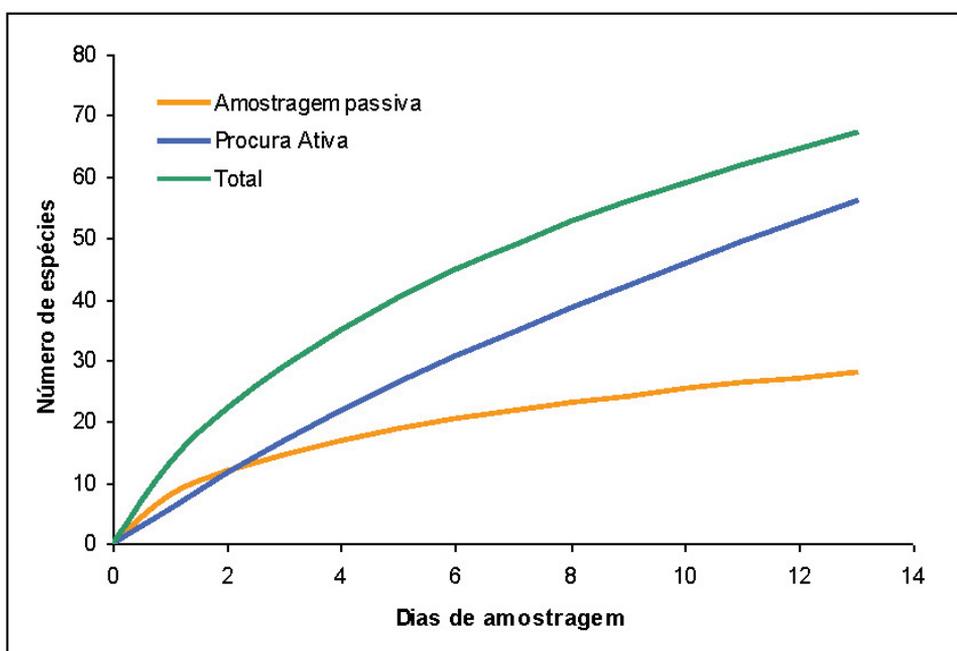


Gráfico 2.1 – Curva de acúmulo de espécies aleatorizada (1.000 randomizações) com base na herpetofauna amostrada durante 13 dias no Cerrado do Brasil Central.

Sazonalidade

Todas as espécies de répteis e anfíbios apresentam algum nível de sazonalidade na sua atividade. Essas variações podem ser um reflexo do período reprodutivo, da variação na oferta de recursos ou das características climáticas de cada região. Os anfíbios são especialmente sensíveis à variação nas condições de temperatura e precipitação, concentrando seu período de maior atividade nos meses mais chuvoso-

so do ano, quando há maior disponibilidade de sítios para reprodução. Com isso, a realização de amostragens em diferentes períodos do ano deve enriquecer significativamente os resultados obtidos. Uma estratégia bastante promissora consiste em realizar uma amostragem no auge da estação chuvosa, para garantir uma boa representatividade das espécies de anfíbios, e outra no final da estação chuvosa e início da seca, quando a temperatura e a frequência de dias ensolarados podem ser mais favoráveis à amostragem de lagartos. Outra época importante para a realização dos levantamentos consiste no período de desova ou nascimento de filhotes de tartarugas, especialmente no caso de estudos ambientais para instalação de usinas hidrelétricas. Amostragens no auge da estação seca, especialmente em biomas abertos (cerrado e caatinga), proporcionam um retorno extremamente baixo pelo fato de a grande maioria das espécies estar inativa, dificultando sua detecção. A sazonalidade na atividade das espécies de répteis e, especialmente, de anfíbios é fato reconhecido, tendo sido demonstrada em diversos artigos científicos e estudos ambientais. Desse modo, é fundamental que a sazonalidade seja incorporada ao desenho amostral, mas de uma forma otimizada, visando aproveitar da melhor forma possível os recursos e o tempo investido no estudo.

Particularidades dos biomas

Levar em consideração as particularidades de cada bioma para planejar o estudo da herpetofauna é fundamental, pois a seleção de métodos de amostragem em si, assim como o esforço e a sazonalidade, pode variar muito. Por exemplo, não faz sentido amostrar áreas de caatinga durante o pico da estação seca, pois os animais não estarão em atividade e o sucesso em registrar amostras representativas de diversidade real é improvável. Nesse caso, é mais vantajoso e produtivo programar uma única amostragem mais longa durante a época chuvosa do que investir em duas campanhas de campo (uma na seca e outra na chuvosa).

Alguns métodos devem ser adaptados dependendo do local de amostragem. Diferentemente de quando utilizadas em áreas florestais onde há sombra e umidade, as armadilhas de interceptação e de queda em áreas abertas podem levar os animais à morte pela exposição ao sol nas horas mais quentes do dia. Nesses casos, há medidas a serem adotadas que permitem a utilização das armadilhas sem danos, tais como criar áreas de sombra e incluir reservatório de água nos baldes, além da revisão das armadilhas nos primeiros horários do dia, quando as temperaturas são mais amenas. A quantidade de baldes a serem instalados nessas circunstâncias irá depender do número de pessoas disponíveis para revisá-los em tempo.

Procura ativa diurna em transecções, por exemplo, é um método muito eficiente na Amazônia; porém, fazer procura em transecções em áreas de cerrado não é pertinente, pois os lagartos estão ativos e, ao menor sinal de movimento, se deslocam rapidamente, sem possibilitar a identificação adequada.

Esses exemplos mostram que cabe ao especialista considerar todas as questões discutidas aqui para dimensionar a melhor forma de amostragem da herpetofauna em um estudo ambiental, sempre considerando a complementaridade

dos métodos para otimizar a amostragem. O contratante e os órgãos ambientais devem estar cientes disso e abrir o diálogo durante o planejamento do trabalho.

Identificação e complementação

Diferentemente de outros grupos zoológicos, a maioria dos répteis e anfíbios não pode ser identificada com segurança somente por meio do registro em campo. Sendo assim, a coleta de amostras representativas da variação morfológica local e sua comparação com dados da literatura, reforçada pela consulta material de coleções zoológicas, é fundamental para que as identificações sejam precisas.

Por isso, o consultor deve contar com o acesso aos acervos das coleções mais representativas da herpetofauna brasileira, bem como aos acervos de coleções regionais. Um inventário de herpetofauna baseado somente em observações de campo pode estar sujeito a erros que não poderão ser corrigidos no futuro.

A importância da consulta a coleções zoológicas vai além do suporte nas identificações das amostras do inventário. Em geral, os acervos podem conter espécies da própria área amostrada ou de localidades próximas que não tenham sido registradas no levantamento e complementar a lista de espécies.

Legalmente, o material proveniente dos levantamentos deve ser depositado nos acervos de uma instituição a ser definida em conjunto pelo contratante e pelo consultor. A emissão da licença de coleta depende, entre outras ações, de uma manifestação do curador da coleção escolhida para depósito, declarando que sua instituição tem condições de receber e incorporar em seu acervo o material biológico proveniente do levantamento em questão. Dessa forma, o material coletado fica disponível também para a comunidade científica, e consultores e instituições científicas passam a atuar como parceiros, cientes da relevância dos papéis que desempenham.

Os dados brutos de um levantamento faunístico concentram-se em grande parte na lista de espécies registradas. Por isso, o refinamento das identificações é diagnóstico de qualidade em estudos de impacto ambiental e deve ser evidente não só na listagem simples de espécies, mas também no conteúdo do relatório em que os registros são comentados.

A complexidade do processo de identificação depende, entretanto, do grupo biológico em questão, e é comum encontrar identificações restritas ao nível de gênero em muitas listas (por exemplo, *Bothrops* sp.). Essas identificações imprecisas devem ser analisadas com cautela nos relatórios. Muitas vezes, a identificação decisiva não é possível, não por falta de critério técnico, mas por se tratar de espécies cuja taxonomia é confusa e controversa. Nesses casos, o consultor deve justificar a imprecisão e discutir sua relevância para o problema ambiental abordado. Se, porém, grupos de taxonomia relativamente bem resolvida estiverem identificados somente até o nível de gênero sem maiores considerações a respeito, tem-se um indício de falta de rigor taxonômico, o que atesta contra a qualidade do trabalho.

Finalmente, é importante ressaltar que a identificação criteriosa é um pro-

cesso demorado. Uma queixa comum entre consultores de herpetofauna reside no fato de que, logo após regressar das atividades de campo, o tempo para identificar o material e apresentar o relatório final ao contratante é extremamente curto. Cabe ao consultor, que conhece as nuances do procedimento, projetar e expor ao contratante o processo e tempo necessários ao trabalho de identificação. Diante disso, fica patente a importância do planejamento adequado de um estudo de impacto ambiental. Se o planejamento leva em conta a urgência do empreendedor, deve também ponderar claramente sobre as condições de trabalho do consultor, evitando assim sacrificar sua qualidade.

Necessidade de coleta

A coleta de animais para fins científicos é um tema polêmico, que divide a opinião pública, comunidade científica e órgãos ambientais. Para o público leigo, não é simples justificar que o conhecimento da diversidade depende da coleta de animais, que são retirados de seus habitats, sacrificados e preservados para estudo. Da mesma forma, o tema é discutido também com dificuldade entre a comunidade científica e as autoridades ambientais, e parece consenso que alguns ajustes na aplicação da legislação são fundamentais para permitir que o pesquisador tenha maior autonomia durante seu trabalho.

É preciso ter em mente que nenhum pesquisador sacrifica espécimes por capricho ou interesses pessoais; quando o objetivo é voltado para o conhecimento científico e para a conservação, a coleta planejada justifica-se plenamente. O processo de solicitação das licenças pertinentes junto aos órgãos ambientais deve ser realizado pela empresa contratante, com o suporte técnico do consultor.

Uma questão não menos polêmica refere-se ao número de espécimes que a amostra coletada deve conter. Não existe uma fórmula matemática que permita definir um tamanho padronizado de amostra que seja representativa da variação morfológica geral, permitindo assim identificações precisas. Em geral, para répteis e anfíbios, o tamanho das amostras é definido de maneira arbitrária e por localidade. A amostra ideal deve ser estabelecida caso a caso e norteando-se pelo bom senso do especialista. Para que abusos sejam evitados, é necessário que haja o diálogo aberto e livre de preconceitos entre o consultor e as autoridades ambientais durante a tramitação da solicitação de licenças para empreendimentos.

3 Peixes e avaliações de impacto ambiental: uma perspectiva do meio aquático

*George Mendes Taliaferro Mattox
e Patrícia Teresa Monteiro Cunningham*

Diversidade, importância e legislação

Os peixes são o grupo de animais vertebrados com maior diversidade no planeta, contando atualmente com cerca de 28 mil espécies, o que equivale aproximadamente à quantidade total de anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Em outras palavras, os peixes representam metade de todos os vertebrados, e, enquanto a fauna terrestre evoluía originando grupos tão heterogêneos quanto anfíbios, répteis, aves e mamíferos, a mesma diversificação ocorria na linhagem dos peixes nos muitos nichos do meio aquático conquistados por esses animais. Assim, os peixes ocuparam uma ampla gama de ambientes, incluindo desde rios e lagos tropicais até comunidades criogênicas nas regiões polares, das profundas fossas abissais marinhas até lagos em grandes altitudes no alto das cordilheiras, da amplitude dos oceanos até os espaços mais restritos em poças temporárias, cavernas e lençol freático. A grande diversificação que ocorreu no grupo dos peixes reflete-se na amplitude de formas, cores e tamanhos que esses animais apresentam, incluindo os mais variados hábitos alimentares e estratégias reprodutivas.

Muitas espécies têm sido exploradas como recurso desde os primórdios da humanidade, seja como fonte de alimento (por exemplo, pesca e piscicultura), esporte e lazer (por exemplo, pesca esportiva, aquariorfilia, ornamentação), controle biológico de pragas, além da importância médica de muitas espécies que representam tanto fontes potenciais de medicamentos quanto ameaças à saúde do homem (por exemplo, mordida, choque, envenenamento). Assim, os peixes possuem tanto o valor intrínseco relacionado à grande diversidade do grupo quanto o valor econômico que representa para o ser humano. Os peixes refletem diretamente a qualidade da água, um recurso essencial à vida cuja escassez já é preocupação em várias partes do planeta. Eles são diretamente afetados pelas condições físicas e químicas dos corpos d'água onde ocorrem e, por serem restritos ao ambiente aquático, não possuem grande capacidade de escapar dos impactos negativos gerados nesse ambiente, geralmente sofrendo grandes mortandades e extinções locais decorrentes das atividades humanas.

O Brasil tem posição de destaque na diversidade de peixes do planeta, já que conta com aproximadamente 1.300 espécies marinhas e 2.600 espécies de água doce (ver Buckup et al., 2007), representando mais de 10% das espécies conhecidas, o que posiciona o país entre os mais diversos em termos de ictiofauna no mundo. Essa grande diversidade de peixes é decorrente do fato de o território nacional incluir grande parte da Bacia Amazônica, a maior bacia hidrográfica do planeta e que abriga a fauna de peixes de água doce mais rica conhecida, além de uma importante porção da segunda maior bacia do continente sul-americano, a

Bacia do Rio da Plata, e toda a terceira maior drenagem da região neotropical, o Rio São Francisco. Os ambientes de água doce brasileiros incluem assim uma intrincada rede fluvial composta por rios de grande porte, riachos pequenos, regiões alagadas e ambientes subterrâneos, geralmente associados a um regime de cheias. Em relação às águas marinhas, o Brasil detém mais de oito mil quilômetros de costa que se estendem por uma amplitude latitudinal de aproximadamente 38 graus, incluindo as regiões tropical, subtropical e temperada-quente do Hemisfério Sul, e abrangendo especialmente praias arenosas, estuários, costões rochosos e recifes.

Segundo Diegues (2002), não há uma legislação específica sobre a conservação de áreas úmidas no Brasil, e as leis existentes que regulamentam o uso dos ambientes aquáticos estão dispersas entre outras que regulamentam o uso de determinadas áreas do território. A Constituição Brasileira de 1988 declarou os principais biomas brasileiros como Patrimônio Nacional (isto é, Floresta Amazônica, Mata Atlântica, Serra do Mar, Pantanal, Zona Costeira) e estabeleceu como bens da União os lagos, rios e outros corpos d'água em terrenos de seu domínio, cavidades naturais subterrâneas, ilhas fluviais, lacustres, costeiras e oceânicas, praias, os recursos naturais da plataforma continental e da Zona Econômica Exclusiva, e todo o mar territorial (ibidem). Há ainda algumas leis ou decretos que protegem determinados aspectos relacionados aos ambientes aquáticos, como a inclusão de todas as matas ciliares como áreas de proteção permanente (Código Florestal de 1934 e 1965), o decreto para o controle da contaminação das águas continentais e marinhas (1961), o decreto-lei que criou a Superintendência de Desenvolvimento da Pesca (Sudepe, 1962) e a Lei das Águas (1997). Em 23 de janeiro de 1986, uma resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) estabeleceu a necessidade de Relatórios de Impacto Ambiental (Rima) em projetos envolvendo a exploração ou interferência dos recursos hídricos, como a construção de barragens, aberturas de canais (navegação, drenagem ou irrigação), retificação dos cursos d'água, abertura de barras e desembocaduras, transposição de bacias e diques, extração de combustível fóssil e empreendimentos industriais ou agroindustriais (ibidem). Há também leis determinando o defeso de algumas espécies na época da reprodução, tanto nos ambientes de água doce quanto nos marinhos.

Principais impactos

A sinergia entre a grande diversidade da ictiofauna brasileira e a exacerbada fragilidade dos ambientes aquáticos em que ocorrem faz que os peixes sejam um grupo de especial preocupação no caso de empreendimentos que afetam os diferentes ecossistemas aquáticos brasileiros. No Brasil, merecem destaque como principais ações humanas geradoras de impactos aos peixes (i) a construção de barragens para estabelecimento de reservatórios e estações geradoras de energia hidrelétrica; (ii) a implementação de loteamentos e especulação imobiliária ou agropecuária próxima aos cursos d'água; (iii) a construção de pontes, retificação e canalizações de rios e outros empreendimentos que afetem a calha do corpo

d'água; (iv) a instalação de estações de aquicultura e pesqueiros, além das pesca artesanal e comercial; (v) as atividades de exploração dos recursos minerais associados aos corpos d'água como prospecção de petróleo e minerações; (vi) e as atividades industriais que influenciam os corpos d'água (ibidem).

Os impactos decorrentes desses empreendimentos incluem alterações na dinâmica hídrica local (por exemplo, mudança de sistemas lóticos para lênticos, modificação das feições costeiras), perda da mata ciliar, marismas e manguezais, assoreamento do leito e de baías, além das diversas formas de poluição física, química e biológica que geram desequilíbrios como a eutrofização, intoxicações e bioinvasão (Courtenay Junior, 1993; Comase, 1995; Esteves, 1998; Barrella & Petrere Junior, 2003). Além disso, é preciso ter em mente que corpos d'água geralmente interconectam-se e transportam matéria por longas distâncias, obedecendo ao conceito *continuum* do rio proposto para alguns ambientes de água doce (Vannote et al., 1980; Menezes et al., 2007). Dessa forma, impactos gerados em um ponto determinado do corpo d'água provavelmente terão efeitos em regiões afastadas da origem do impacto.

Peixes como indicadores ambientais

Com base no aqui exposto, os peixes devem sempre ser incluídos em avaliações de impactos nos casos de empreendimentos que possam interferir nos corpos d'água, dulcícolas ou marinhos, e algumas questões importantes devem ser discutidas no que diz respeito aos estudos ambientais envolvendo o levantamento ou monitoramento da ictiofauna. O ainda incompleto conhecimento taxonômico sobre os peixes brasileiros, aliado à grande diversidade da ictiofauna no país, especialmente de formas com tamanho diminuto, faz que a identificação das espécies ainda no campo seja uma tarefa muito difícil de ser realizada. Assim, a coleta das amostras e posterior triagem e identificação em laboratório são práticas essenciais para um levantamento ictiofaunístico adequado. Como consequência, o estudo dos peixes constitui uma tarefa que demanda tempo para ser realizado, além do esforço empregado em campo para amostragem propriamente dito. Infelizmente, esse tempo nem sempre está disponível para o consultor de ictiofauna, cujo trabalho acaba sendo limitado em seu esforço amostral ou restrito a um levantamento teórico sobre os peixes de determinada região com base em dados secundários, nem sempre suficientemente precisos.

Outra questão importante é a falta de metodologias comparáveis em estudos de ictiofauna. Se, por um lado, a utilização de um método único de amostragem é impossível de ser aplicado em todos os casos, já que os corpos d'água são muito heterogêneos, por outro, devem-se buscar as metodologias mais abrangentes possíveis para garantir que todos os micro-habitats aquáticos sejam adequadamente amostrados. Assim, uma abordagem com artes de pesca diferentes é encorajada, e a confecção de curvas do coletor se mostra uma ferramenta bastante útil para definir se os esforços de coleta em determinada área foram suficientes (Mattox & Iglesias, no prelo). A grande diversidade de peixes inclui espécies com

hábitos circadianos muito distintos, e há muitos exemplos de peixes tipicamente diurnos que são substituídos por peixes com hábitos noturnos, além de exemplos intermediários de peixes crepusculares. As assembleias de peixes variam também sazonalmente, de forma particular em cada região. Assim, tanto a variação circadiana quanto a variação sazonal devem ser levadas em consideração nos estudos ambientais envolvendo a ictiofauna. As amostragens devem ser planejadas para abranger distintos períodos do dia e estações do ano.

Os peixes constituem modelos biológicos que dão margem a estudos populacionais robustos, especialmente pela abundância de algumas espécies, e a aplicação de descritores estatísticos das populações fornece ferramentas adicionais que servem como indicadores da qualidade do ecossistema. Muitas vezes uma área possui ictiofauna com diversidade depauperada, mas o monitoramento das populações de uma ou mais espécies dominantes pode fornecer subsídios importantes nas tomadas de decisão.

A falta de dados pontuais disponíveis sobre a ictiofauna brasileira constitui um problema adicional nos estudos sobre impactos ambientais e os peixes. Há algumas obras recentes tratando da ictiofauna de determinadas regiões como um todo (Pantanal [Britski et al., 1999, 2007]; Mata Atlântica [Menezes et al., 2007]; Zona Econômica Exclusiva da região Sudeste-Sul [Figueiredo et al., 2002; Bernardes et al., 2005]) ou focadas em grandes bacias (Rio São Francisco [Britski et al., 1984; Sato & Godinho, 1999]; Alto Rio Paraná [Agostinho & Júlio Jr., 1999; Graça & Pavanelli, 2007]; Bacia Amazônica [Santos & Ferreira, 1999]; Rio Ribeira [Oyakawa et al., 2006]), mas a falta de inventários mais pontuais na região dos empreendimentos ou no local onde ocorreu algum acidente ambiental dificulta o diagnóstico acerca das espécies de peixes que de fato ocorrem naquela área. No entanto, há atualmente diversos periódicos *on-line* de livre acesso que publicam inventários de fauna e flora, o que constitui um potencial depósito de dados mais específicos sobre a ictiofauna de determinada região. A publicação desses inventários constitui uma importante forma de registrar e divulgar informações sobre a biodiversidade geradas nos muitos estudos ambientais produzidos recentemente.

Além da falta de dados comparativos disponíveis na literatura, os estudos ambientais raramente promovem integração dos dados entre os diversos consultores envolvidos na avaliação, o que só faz que o estudo como um todo perca muito em qualidade. Esse ponto negativo seria facilmente contornado caso as empresas de consultoria responsáveis pelo estudo promovessem maior interação entre os profissionais envolvidos no projeto, gerando troca de informações para um melhor entendimento do problema como um todo. Há exceções a essa generalização, e a experiência nos mostra que, nos casos em que a interação é estimulada, o resultado final do estudo ambiental é muito mais concreto e fornece melhores subsídios para as tomadas de decisão.

Estudos ambientais geralmente propõem ações compensatórias aos impactos gerados pelo empreendimento. No entanto, pouco é conhecido em termos

práticos no que diz respeito a medidas mitigadoras ou planos de manejo aplicados aos peixes. A implementação de escadas de peixes, por exemplo, ainda não tem seu sucesso assegurado para todos os grupos de peixes, e mais pesquisas são necessárias para determinar se essa e outras medidas mitigadoras são efetivas na compensação ambiental (ver o número dedicado à passagem de peixes do periódico *Neotropical Ichthyology*, v.5, n.2, 2007).

Há ainda a abordagem ecotoxicológica, uma forma bem distinta de se acessar a qualidade da água por intermédio dos peixes. O exame de certas regiões do corpo do peixe pode dizer muito acerca de seu ambiente, incluindo a presença de elementos tóxicos ou condições desfavoráveis. Muitos poluentes derivados da indústria petroquímica e cloroquímica causam severas lesões às brânquias dos peixes, que podem ser verificadas em exames patológicos mais específicos (Al-Kindi et al., 2000). O acúmulo de uma série de substâncias tóxicas derivadas da agropecuária é acessado em estudos especialmente do fígado buscando traços do poluente em questão. Por sua vez, o emprego da ecotoxicologia para acessar a qualidade ambiental é restrito aos casos de empreendimentos geradores de tipos específicos de poluição e depende de uma análise clínica muito detalhada e dispendiosa que nem sempre está disponível em avaliações de impacto ambiental.

Ambientes de especial importância

É evidente que todos os ambientes aquáticos e sua biota devem ser preservados e, conseqüentemente, levados em consideração em estudos ambientais. No entanto, alguns ambientes possuem características únicas ou abrigam uma ictiofauna peculiar, merecendo especial importância no debate conservacionista. Muitos deles são na verdade remanescentes de uma fauna mais ampla e diversa que foi totalmente suprimida com o crescimento urbano brasileiro.

Os ambientes subterrâneos (isto é, cavernas, lençol freático) frequentemente abrigam uma fauna de peixes única e representam ambientes muito frágeis. Sua localização em áreas propícias à exploração de minérios geralmente impõe ameaças a esses ambientes. Muitos peixes de caverna apresentam adaptações espetaculares ao ambiente subterrâneo e afótico, como perda de pigmentação, redução dos olhos, entre outros. Mattox et al. (2008) listaram 24 espécies de peixes troglóbios (isto é, com adaptações ao ambiente subterrâneo como redução dos olhos e pigmentação) no Brasil, além de 13 espécies de peixes troglófilos (isto é, sem adaptações evidentes para a vida subterrânea, mas com populações estabelecidas no ambiente subterrâneo). A maioria dessas espécies é endêmica das cavernas em que ocorrem, e o desequilíbrio em uma delas pode significar a extinção da respectiva ictiofauna.

As poças temporárias (muitas vezes com apenas alguns metros quadrados, ou constituindo uma pequena vala) são depressões no terreno que acumulam água na estação chuvosa e abrigam espécies de peixes anuais muitas vezes endêmicas de cada uma. Esses peixes têm um crescimento rápido e se reproduzem, depositando os ovos na turfeira do fundo da poça. Com o fim da estação chu-

vosa, a poça seca completamente e os ovos ficam em quiescência na turfeira até a próxima estação chuvosa, quando eclodem e reiniciam o ciclo (Costa, 2002). A extrema fragilidade desse sistema faz que muitas das espécies de peixes anuais estejam em listas de animais ameaçados. Há poças temporárias e peixes anuais em todos os grandes biomas brasileiros, mas alguns guardam especial importância por causa de sua diversidade de espécies, como os Campos do Sul, a Mata Atlântica, a Caatinga, o Cerrado e o Pantanal (ibidem). O estudo dos peixes anuais também depende do ciclo anual das águas e sua amostragem só ocorre na época de cheias, quando os indivíduos estão crescidos. Na época de seca, a poça não é facilmente perceptível e os ovos estão enterrados no substrato. É nesse período que sofrem mais intensamente com aterros ou outras consequências de empreendimentos, já que aparenta ser um pedaço comum do terreno. Fica evidente, portanto, que as amostragens devem ser coerentes com o padrão regional de chuvas do local do empreendimento.

É de conhecimento geral que a Mata Atlântica representa um dos biomas brasileiros mais ameaçados, especialmente em razão do crescimento desordenado das populações humanas ao longo de sua extensão, responsável pela supressão de grande parte da sua cobertura vegetal original. Em termos hídricos, a Mata Atlântica reúne uma série de bacias de pequeno e médio portes que drenam a região mais costeira do continente e deságuam independentemente no Oceano Atlântico. Alguns dos rios de Mata Atlântica de maior porte são os rios Jequitinhonha, Doce, Paraíba do Sul, Ribeira de Iguape e Jacuí, e a maioria das outras drenagens é constituída por riachos de pequeno porte com nascentes nas serras costeiras. Uma das características mais marcantes acerca da fauna de peixes da Mata Atlântica é seu elevado grau de endemismo. Esse endemismo, associado ao rápido desaparecimento da Mata Atlântica, é fator crítico na conservação da diversidade brasileira de peixes.

Os centros urbanos são locais de grande concentração humana e, conseqüentemente, apresentam casos graves de impactos ambientais. Isso é especialmente verdadeiro no caso das grandes metrópoles brasileiras, muitas delas situadas ao longo do que era originalmente a Mata Atlântica. Muitas de nossas capitais possuem áreas verdes restritas, concentradas em pequenos parques urbanos ou remanescentes de vegetação nativa, que são sufocadas na paisagem de concreto do restante da cidade. Um exemplo extremo disso é São Paulo, uma das mais populosas cidades do mundo, cujos ambientes aquáticos naturais estão em situação crítica no que se refere à sua qualidade. Mesmo assim, um levantamento dos peixes do município de São Paulo revelou que as grandes áreas verdes no entorno da cidade (Serra da Cantareira, Parque Ecológico do Tietê e as Represas Billings e Guarapiranga) ainda guardam significativa fauna de peixes, incluindo espécies endêmicas do Alto Rio Tietê e três espécies ameaçadas de extinção (Mattox, 2008). Esses remanescentes urbanos da mata nativa devem ser abordados com especial atenção em razão da sua crítica localização e fragilidade.

Em termos de ecossistemas marinhos, toda a costa deve receber atenção redobrada, já que grande parte da urbanização no Brasil está ao longo do litoral, e a maior parte da diversidade marinha está localizada na zona costeira (Rosa & Lima, 2008). Assim, os diferentes ecossistemas marinhos como estuários, costas rochosas e praias estão sob influência próxima dos impactos antropogênicos decorrentes da urbanização e industrialização. A região do porto de Santos, por exemplo, abriga uma extensa área de manguezal, mas está sob forte influência das muitas indústrias químicas na região de Cubatão e aporte de efluentes domésticos de Santos, uma das cidades mais antigas do Brasil. Mesmo assim, a região ainda possui alguns corpos d'água considerados bem preservados, que abrigam uma ictiofauna relativamente diversa (Mattox & Iglesias, no prelo).

Peixes ameaçados

A lista de peixes ameaçados de extinção (Rosa & Lima, 2008) relacionou sete espécies de peixes ósseos marinhos ameaçados de extinção, e outras 24 consideradas sobre-explotadas ou ameaçadas de sobre-explotação. As espécies marinhas ameaçadas de extinção são todas recifais, e as causas de seu declínio estão ligadas à degradação do ambiente, sobrepesca e procura pela aquariofilia. Em relação aos peixes de água doce, Rosa & Lima (2008) consideraram 135 espécies como ameaçadas de extinção e outras oito como sobre-explotadas ou ameaçadas de sobre-explotação, sendo 16 espécies da Bacia Amazônica, 18 do Rio São Francisco, 59 das bacias do Leste (associadas à Mata Atlântica), 29 da bacia do Rio Paraná (especialmente na região do Rio Iguaçu e do Alto Rio Tietê), nove do Rio Uruguai, 11 das drenagens costeiras do Sul do Brasil, e uma da bacia do Rio Paraguai. A grande diversidade de peixes ameaçados de extinção concentra-se nos peixes anuais, cuja fragilidade do hábitat representa um fator crítico em sua conservação (Costa, 2002; Rosa & Lima, 2008).

Apesar de este texto estar focado nos peixes da classe *Actinopterygii* (peixes ósseos com nadadeiras raiadas), a linhagem dos peixes cartilagosos (*Chondrichthyes*), com aproximadamente mil espécies, guarda especial importância no que diz respeito à sua conservação, já que inclui tubarões e raias, animais com grande longevidade, crescimento lento, maturação sexual tardia e baixa fecundidade, características agravantes na manutenção dessas espécies. A ictiofauna brasileira inclui 12 espécies de peixes cartilagosos marinhos ameaçados de extinção (Rosa & Lima, 2008), e, na água doce, o Brasil abriga uma família exclusiva de raias de água doce (*Potamotrygonidae*), endêmica da região neotropical. Esses peixes também devem ser levados em consideração em estudos ictiofaunísticos, já que estão sujeitos aos mesmos impactos que os peixes ósseos.

Concluindo, a enorme diversidade da ictiofauna do Brasil e o acelerado ritmo em que empreendimentos que afetam os corpos d'água e seus peixes são licenciados e implementados ressaltam a importância de discussões sobre os estudos ambientais envolvendo esses organismos e a crescente demanda por uma nor-

matização nas avaliações ambientais, incluindo esse grande grupo de animais. Os estudos ambientais envolvendo peixes devem ser planejados de forma a abranger o maior número de ambientes aquáticos (uso de artes de pesca distintas), além do ciclo circadiano e sazonal. Sugere-se a coleta de exemplares para registros em coleções ictiológicas, visando a uma maior precisão taxonômica desses estudos, além da disponibilização dos dados na forma de inventários publicados. O Brasil é um dos países com ictiofauna mais diversa no mundo, incluindo muitas espécies de interesse comercial, e com uma quantidade considerável de formas ameaçadas de extinção. É necessário que essa diversidade seja considerada em todos os empreendimentos que gerem influência, direta ou indireta, nos ambientes aquáticos.

Referências

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR., H. F. Peixes da bacia do Alto Rio Paraná. In: LOWE-MCCONNELL, R. H. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: Edusp, 1999. p.374-400.

ALEIXO, A. Conceitos de espécie e o eterno conflito entre continuidade e operacionalidade: uma proposta de normatização de critérios para o reconhecimento de espécies pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. *Ararajuba, Revista Brasileira de Ornitologia*, v.15, p.297-310, 2007.

AL-KINDI, A. Y. A.; BROWN, J. A.; WARING, C. P. Endocrine, physiological and histopathological responses of fish and their larvae to stress with emphasis on exposure to crude oil and various petroleum hydrocarbons. *Science and Technology, Special Review*, p.1-30, 2000.

BARRELLA, W.; PETRERE JUNIOR, M. Fish community alterations due to pollution and damming in Tietê and Paranapanema rivers (Brazil). *River Resources and Application*, v.19, p.59-76, 2003.

BEGON, M. et al. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. Porto Alegre: Artmed, 2007.

BEISIEGEL, B. M. First camera-trap record of bush dogs in the state of São Paulo, Brazil. *Canid News*, London, v.12.5, 2009. Disponível em: <http://www.canids.org/canidnews/12/Bush_dogs_in_Sao_Paulo.pdf>.

BEISIEGEL, B. M.; MANTOVANI, W. Habitat use, home range and foraging preferences of *Nasua nasua* in a pluvial tropical Atlantic forest area. *Journal of Zoology*, London, v.269, p.77-87, 2006.

BERNARDES, R. A. et al. *Peixes da Zona Exclusiva da região Sudeste-Sul do Brasil: levantamento com armadilhas, pargueiras e rede de arrasto de fundo*. São Paulo: Edusp, 2005. 295p.

BRITSKI, H. A. et al. *Manual de identificação de peixes da região de Três Marias – com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco*. Brasília: Codevasf, 1984.

- BRITSKI, H. A. et al. *Peixes do Pantanal*: manual de identificação. Corumbá: Embrapa, 1999. 184p.
- _____. *Peixes do Pantanal*: manual de identificação. 2.ed. Corumbá: Embrapa, 2007. 227p.
- BUCKUP, P. A. et al. *Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil*. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2007.
- CALEFFO, M. E. V. Anfíbios. In: AURICCHIO, P.; SALOMÃO, M. G. (Ed.) *Técnicas de coleta e preparação de vertebrados para fins científicos e didáticos*. São Paulo: Terra Brasilis, 2002. p.45-63.
- CAVALCANTI, S. M.; GESE, E. Spatial ecology and social interactions of jaguars (*Panthera onca*) in the southern Pantanal, Brazil. *Journal of Mammalogy*, v.90, p.935-45, 2009.
- COLWELL, R. K. EstimateS, Version 8.0: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide). Persisten URL (purl.oclc.org/estimates). 1994-2005.
- COMASE – Comitê Coordenador das Atividades de Meio Ambiente do Setor Elétrico. *Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro; reuniões temáticas preparatórias*: caderno 5 – ações. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1995. 70p.
- COMPANHIA DE CIMENTO RIBEIRÃO GRANDE. *Ampliação da Mina Limeira*: estudo de impacto ambiental. São Paulo: Companhia de Cimento Ribeirão Grande, 2003. 6v.
- CORN, P. S. Straight-line drift fences and pitfall traps. In: HEYER, W. R. et al. (Ed.) *Measuring and monitoring biological diversity*. Standard methods for amphibians. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1994. p.109-17.
- COSTA, W. J. E. M. *Peixes anuais brasileiros*. Curitiba: Editora UFPR, 2002. 238p.
- COURTENAY JUNIOR, W. R. Biological pollution through fish introductions. In: MCNIGHT, B. N. (Ed.) *Biological pollution: the control and impact of invasive exotic species*. Indianapolis: Indiana Academy of Science, 1993. p.35-61.
- CRUMP JR., M. L. E N. J. Visual encounter surveys. HEYER, W. R. et al. (Ed.) *Measuring and monitoring biological diversity*. Standard methods for amphibians. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1994. p.84-92.
- DIEGUES, A. C. *Povos e águas*. Inventário de áreas úmidas brasileiras. 2.ed. São Paulo: Nupaub-USP, 2002. 595p.
- ECHIN, S. Z.; MARTINS, M. Eficiência de armadilhas de queda (*pitfall traps*) em amostragens de anfíbios e répteis no Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.17, n.3, p. 729-40, 2000.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.
- FIGUEIREDO, J. L. et al. *Peixes da Zona Exclusiva da Região Sudeste-Sul do Brasil*: levantamento com rede de meia água. São Paulo: Edusp, 2002. 242p.
- FITCH, H. S. Collecting and life-history techniques. In: SEIGEL, R. A.; COLLINS, J. T.; NOVAK, S. S. (Ed.) *Snakes*. Ecology and evolutionary biology. New York: Mac-Millan Publishing Company, 1987. p.143-64.

- FRAGOSO, J. M. Home range and movement patterns of white-lipped peccary (*Tayassu pecari*) herds in the northern Brazilian Amazon. *Biotropica*, v.30, p.458-69, 1998.
- FRANCO, F. L.; SALOMÃO, M. G. Coleta e preparação de répteis para coleções científicas: considerações iniciais. In: AURICCHIO, P.; SALOMÃO, M. G. (Ed.). *Técnicas de coleta e preparação de vertebrados para fins científicos e didáticos*. São Paulo: Terra Brasilis, 2002. p.76-115.
- GÉRY, J. The fresh-water fishes of South America. In: FITTKAU, E. J. et al. (Ed.) *Biogeography and ecology in South America*. The Hague: Dr. W. Junk, 1969. v.II: Monographiae Biologicae 19, p.828-8.
- GIBBONS, J. W.; SEMLISTSCH, R. D. Terrestrial drift fences with pitfall traps: an effective technique for quantitative sampling of animal populations. *Brimelyana*, v.7, p. 1-16, 1981.
- GRAÇA, W. J.; PAVANELLI, C. S. *Peixes da planície de inundação do Alto Rio Paraná e áreas adjacentes*. Maringá: Eduem, 2007. 241p.
- HASS, C. C. Home-range dynamics of white-nosed coatis in southeastern Arizona. *Journal of Mammalogy*, v.83, p.934-46, 2002.
- HUDSON, A. A.; SOUSA, B. M.; LOPEZ, C. N. Eficiência de armadilhas de funil na amostragem de serpentes. In: XXIX SEMANA DE BIOLOGIA E XII MOSTRA DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA – UFJF, 2006, Juiz de Fora. *Resumos...* Juiz de Fora: Diretório Acadêmico de Ciências Biológicas Walter Machado Couto, 2006.
- JANSEN, M. Measuring temporal variation in calling intensity of a frog chorus with a data logging sound level meter: results from a pilot study in Bolivia. *Herpetology Notes*, v.2, p.143-49, 2009.
- LEIGH JUNIOR, E. G. Introduction: the significance of population fluctuations. In: _____. (Ed.) *The ecology of a tropical forest*. 2.ed. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1996. p.435-40.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: Edusp, 1999.
- MAGNUSSON, W. E. et al. Rapeld: uma modificação do método de Gentry para inventários de biodiversidade em sítios para pesquisa ecológica de longa duração. *Biota Neotrop.*, v.5, n.2, p.1-6, 2005.
- MATTOX, G. M. T. Peixes do município de São Paulo: passado, presente e futuro. In: MALAGOLI, L. R. et al. (Org.) *Além do concreto: contribuições para a proteção da biodiversidade paulistana*. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008. p.180-203.
- MATTOX, G. M. T.; IGLESIAS, J. M. P. Ichthyofauna of Rio Jurubatuba, Santos, São Paulo: a high diversity refuge in impacted lands. *Biota Neotropica*, v.10, n.1. (No prelo).
- MATTOX, G. M. T. et al. Surface and subterranean ichthyofauna in the Serra do Rammalho karst area, northeastern Brazil, with updated lists of Brazilian troglotic and troglophilic fishes. *Biota Neotropica*, v.8, n.4, p.145-52, 2008.
- MENEZES, N. A. et al. *Peixes de água doce da Mata Atlântica*. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 2007.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Lista oficial da fauna brasileira ameaçada*

de extinção. 2003. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/sbf/fauna/lista.html>>. Acesso em: 22 ago. 2006.

MORAES JUNIOR, E. A.; CHIARELLO, A. G. A radio tracking study of home range and movements of the marsupial *Micoureus demerarae* (Thomas) (Mammalia, Didelphidae) in the Atlantic forest of south-eastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.22, p.85-91.2005

MORELLATO, L. et al. Phenology of Atlantic rain forest trees: a comparative study. *Biotropica*, v.32, p.811-23, 2000.

OLIVEIRA, F. F. R. et al. Small mammal ecology in an urban Atlantic forest fragment in southeastern Brazil. *Lundiana*, v.8, p.27-34, 2007.

OYAKAWA, O. T. et al. *Peixes de riachos da Mata Atlântica*. São Paulo: Neotrópica, 2006.

PIACENTINI, V. Q. et al. A coleta de aves e a sua preservação em coleções científicas. In: MATTER, S. von et al. (Org.) *Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de levantamento e pesquisa de campo*. São Paulo: Technical Books. (No prelo).

REMSEN, J. V. The importance of continued collecting of bird specimens to ornithology and bird conservation. *Bird Conservation International*, v.5, p.145-80, 1995.

ROSA, R. S.; LIMA, F. C. T. Os peixes brasileiros ameaçados de extinção. In: *Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção*. Brasília: MMA, 2008.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G. Peixes da Bacia Amazônica. In: LOWE-MCCONNELL, R. H. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: Edusp, 1999. p.345-73.

SÃO PAULO (ESTADO). DE 53.494/08. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo, v.118, n.187, out. 2008.

SATO, Y.; GODINHO, H. P. Peixes da bacia do Rio São Francisco. In: LOWE-MCCONNELL, R. H. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. São Paulo: Edusp, 1999. p.401-13.

SILVEIRA, L. F.; OLMOS, F. Quantas espécies de aves existem no Brasil? Conceitos de espécie, conservação e o que falta descobrir. *Ararajuba, Revista Brasileira de Ornitologia*, v.15, p.289-96, 2007.

VANNOTE, R. L. et al. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, v.37, p.130-7, 1980.

RESUMO – Inventários de fauna acessam diretamente a diversidade de uma localidade, em um determinado espaço e tempo. Os dados primários gerados pelos inventários compõem uma das ferramentas mais importantes na tomada de decisões a respeito do manejo de áreas naturais. Entretanto, vários problemas têm sido observados em diversos níveis relacionados aos inventários de fauna no Brasil e vão desde a formação de recursos humanos até a ausência de padronização, de desenho experimental e de seleção de métodos inadequados. São apresentados estudos de caso com mamíferos, répteis, anfíbios e peixes, nos quais são discutidos problemas como variabilidade temporal e métodos para detecção de fauna terrestre, sugerindo que tanto os inventários quanto os

programas de monitoramento devam se estender por prazos maiores e que os inventários devem incluir diferentes metodologias para que os seus objetivos sejam plenamente alcançados.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiversidade, Fauna, Métodos de amostragem, Legislação.

ABSTRACT – Inventories of fauna directly access the diversity of a locality in a certain period of time. The primary data generated by these inventories comprise one of the most important steps in decisions making regarding the management of natural areas. However, several problems have been observed at different levels related to inventories of fauna in Brazil, and range from the training of humans to the lack of standardization of experimental design and selection of inappropriate methods. We present case studies of mammals, reptiles, amphibians and fishes, where they discussed issues such temporal variability and methods for detection of terrestrial fauna, suggesting that both inventories and monitoring programs should be extended for longer terms and that inventories should include different methodologies to ensure that their goals are fully achieved.

KEYWORDS: Biodiversity, Fauna, Sampling methods, Legislation.

Luís Fábio Silveira é biólogo, professor doutor junto ao Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências da USP, curador associado das Coleções Ornitológicas do Museu de Zoologia da USP e bolsista de produtividade do CNPq.

@ – lfsilvei@usp.br. *Home Page:* www.ib.usp.br/~lfsilveira

Beatriz de Mello Beisiegel é bióloga, com pós-doutorado em Ecologia, e analista ambiental do Cenap/ ICMBio. @ – cincobichos@gmail.com

Felipe Franco Curcio é biólogo formado pelo Instituto de Biociências da USP, com mestrado e doutorado em Zoologia pela mesma instituição. @ – fffcurcio@yahoo.com

Paula Hanna Valdujo é bióloga, com mestrado em Ecologia pela Universidade de Brasília. Atualmente é doutoranda em Ecologia pela USP.

@ – paula.valdujo@gmail.com

Marianna Dixo é doutora em Ecologia, com pós-doutorado em Ecologia da Paisagem pela USP. @ – mariannadixo@yahoo.com.br

Vanessa Kruth Verdade é doutora em Zoologia, com pós-doutorado em Anatomia e Sistemática de Anfíbios pela USP. @ – vverdade@yahoo.com.br

George Mendes Taliaferro Mattox é biólogo, mestre e doutorando em Zoologia pelo Instituto de Biociências da USP. @ – gmattox@ib.usp.br

Patrícia Teresa Monteiro Cunningham é bióloga e professora doutora do Departamento de Oceanografia Biológica do Instituto Oceanográfico da USP.

@ – patricia.tmc@usp.br

Recebido em 18.2.2010 e aceito em 26.2.2010.