



## Os Caminhos da Conservação da Biodiversidade Brasileira frente aos Impactos da Infraestrutura Viária

Alex Bager<sup>1</sup>, Priscila da Silva Lucas<sup>1</sup>, Aldem Bourscheit<sup>2</sup>, Angela Kuczach<sup>3</sup> & Brenda Maia<sup>1</sup>

Recebido em 27/03/2015 – Aceito em 27/01/2016

**RESUMO** – Rodovias, estradas e ferrovias por onde transportamos nossas cargas e pessoas são fundamentais para o desenvolvimento social e econômico do país. Entretanto cada quilômetro de rodovia agrega uma infinidade de impactos ambientais diretos e indiretos à biodiversidade local e regional. O mais visível desses impactos é o atropelamento de fauna selvagem, que no Brasil afeta mais de 475 milhões de vertebrados todos os anos, ou 15 animais a cada segundo. O crescimento econômico do país requer o aumento da malha rodoviária de pouco mais de 1,7 milhões de quilômetros, gerando impactos crônicos em todo o território e com consequências imprevisíveis à biodiversidade. As Unidades de Conservação não escapam ao problema, e um elevado percentual delas tem extensas áreas afetadas por fragmentação, afugentamento de espécies, efeitos barreira, atropelamento, entre outros. Entender esses efeitos, sobretudo do atropelamento de fauna selvagem nas Unidades de Conservação, requer a adoção de coleta de dados que subsidiem a tomada de decisão sobre medidas de mitigação e para a priorização de ações. Muitas informações têm sido perdidas pela não sistematização de dados, sendo os mesmos, na melhor das hipóteses, mantidos nas próprias Unidades. Propomos que as unidades adotem um sistema integrado de coleta, armazenamento e sistematização de atropelamento de fauna, utilizando monitoramentos sistemáticos e/ou não sistemáticos, conforme a capacidade de infraestrutura e pessoal.

**Palavras-chave:** atropelamento de fauna; ecologia de estrada; rodovias; Sistema Urubu; Brasil.

**ABSTRACT** – Highways, roads and railways where we transport our loading and people are fundamental to social and economic development of the country. However, each kilometer of road adds a multitude of direct and indirect environmental impacts at the local and regional biodiversity. The most visible of these impacts is the wildlife-vehicle-collision (wvc), which in Brazil affects more than 475 million vertebrates every year, or 15 animals at every second. The economic growth of the country requires in creasing of the road network over 1.7 million kilometers, generating chronic impacts throughout the territory and with unpredictable consequences for biodiversity. In many protected areas the wvc exist and fragmentation, species avoidance, barrier effects as well, that preventor reduce species to access resources or new areas. Understanding the effect of wvc on protected areas requires reliable data collection that support decision-making on mitigation measures in

### Afiliação

<sup>1</sup> Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil. CEP 37.200-000.

<sup>2</sup> Jornalista, Condomínio Privê Morada Sul, Conjunto C, Casa 10, Rua 14, Bairro Jardim Botânico, Brasília, DF, Brasil. CEP 71.680-352.

<sup>3</sup> Rede Nacional Pró Unidades de Conservação. Avenida Manoel Ribas, 842, sala 38. Mercês, Curitiba, PR, Brasil. CEP 80510-346.

### E-mails

abager@dbi.ufla.br, priscila.lucas@ecoestradas.org, jornaldem@gmail.com, angela@redeproc.org.br, brenda.maia@ecoestradas.org

order to prioritize actions. Much information has been lost due to the lack of data systematization, and they are, in many cases, kept in protected areas. We propose that protected areas adopt a single protocol for the collection and storage of wvc data, using systematic and/or non-systematic surveys as they prefer.

**Keywords:** impact mitigation; highways; Road ecology; Urubu System; Brazil.

**RESUMEN** – Autopistas, carreteras y ferrocarriles dónde llevar nuestras cargas y las personas son fundamentales para el desarrollo social y económico del país. Sin embargo, cada kilómetro de carretera añade una multitud de impactos ambientales directos e indirectos en la biodiversidad local y regional. El más visible de estos impactos es el atropello de la fauna, que en Brasil afecta a más de 475 millones de vertebrados cada año, o 15 animales cada segundo. El crecimiento económico del país requiere el aumento de la red de carreteras de poco más de 1,7 millones de kilómetros, lo que genera impactos crónicos en todo el territorio, con consecuencias impredecibles para la biodiversidad. Las áreas protegidas no pueden escapar del problema, y un alto porcentaje tiene amplias zonas afectadas por la fragmentación, especies asustar, efecto barrera, atropello, entre otros. La comprensión de estos efectos, sobre todo del atropello de animales silvestres sobre áreas protegidas requiere la adopción de recolección de datos que apoyan la toma de decisiones sobre las medidas de mitigación y para priorizar las acciones. Mucha información se ha perdido debido a la falta de datos sistemáticos, y que son, en el mejor, mantuvo en las áreas protegidas. Proponemos que las unidades adoptan un sistema integrado de recogida, almacenamiento y sistematización de pisoteo la fauna, el uso de un control sistemático y / o no sistemática como la capacidad de infraestructura y personal.

**Palabras clave:** Atropellamiento de fauna; ecología de rutas; Sistema Urubu; Brazil.

## Rodovias e conservação: cruzamento perigoso

A história conta que a primeira estrada brasileira foi inaugurada em 1861 por Dom Pedro II, quando o regente e sua comitiva percorreram o trecho entre Petrópolis (RJ) e Juiz de Fora (MG) (Bager & Fontoura 2012, Sandoval 2014). Contudo, as rodovias ganharam mais espaço no país a partir da década de 1920, quando o então Governador de São Paulo, Washington Luís, afirmou que “Governar é povoar. Mas não se povoa sem se abrir estradas, e de todas as espécies. Governar é, pois, fazer estradas!”. O primeiro asfalto chegou em 1928, no trecho onde a BR-040 liga hoje as capitais Rio de Janeiro e Belo Horizonte, com Washington Luís já Presidente da República e responsável por instituir o Fundo Especial para Construção e Conservação de Estradas de Rodagens Federais.

Daí partimos para o boom rodoviário promovido a partir do governo Juscelino Kubitschek (1956 –1961). Além de plantar a capital federal em meio ao Cerrado, introjetou fortemente em seu Plano de Metas o lema de Washington Luís e promoveu a disseminação de montadoras e de vias asfaltadas para “integrar o país”. Foi questão de tempo para que o Brasil adotasse rodovias e estradas como principal meio de transporte. O potencial de ferrovias e hidrovias nunca foi devidamente vislumbrado e explorado. Assim, o chamado rodoviarismo se tornou uma política estatal, vigente até agora. O modal corresponde atualmente a cerca de 60% do transporte de cargas no Brasil, fluindo por quase 2 milhões de quilômetros rodovias e estradas federais, estaduais e municipais, especialmente não pavimentadas (CNT 2010).

Tamanho espaço dedicado ao modal rodoviário provocou o crescimento da frota nacional, que aumentou mais de 120% na última década (Moreira 2011). Hoje temos mais de 90 milhões de cada vez mais velozes carros, motos e caminhões. Além de engarrafamentos, poluição e descarte de resíduos, outro grave problema corresponde a estatísticas alarmantes, até agora silenciosamente: os incontáveis atropelamentos e mortes de animais silvestres (Bager *et al.* 2007, Bager & Rosa 2011, CBEE 2015).

Apesar de as primeiras vozes do ambientalismo no país terem sido ouvidas desde os idos do abolicionista José Bonifácio de Andrada e Silva (1763 –1838), um dos pioneiros em apontar os



benefícios de um uso racional dos recursos naturais, e terem ganhado força no mundo e no Brasil a partir dos anos 1960, a chamada ecologia de estradas ainda é atropelada em muitos palcos de debate e estratégias de desenvolvimento econômico. O resultado é trágico, especialmente nos países megadiversos, aqueles que abrigam a maioria das formas de vida na Terra, como o Brasil (Lewinsohn & Prado 2005). Estimativas baseadas nos poucos estudos disponíveis pintam um quadro estarrecedor, com milhões de animais selvagens, inclusive espécies ameaçadas de extinção, tendo suas vidas perdidas todos os dias sob as rodas, como pode ser visto nos estudos de Aresco (2005), Rosa & Bager (2010) e Carvalho & Mira (2011). Foram encontrados por Meneguettii *et al.* (2010) 84 animais vertebrados atropelados, dos quais 50% pertenciam à classe dos mamíferos, 26% das aves e 24% dos répteis, em 36 km na linha 200 (Rondônia). Complicando o cenário, não há monitoramento sistemático da mortalidade da maioria das espécies brasileiras de comum ocorrência e muitas outras ameaçadas em nível nacional.

Mesmo com um arcabouço legal rodoviário estabelecido, este ainda pouco traz de concreto e de efetivo quanto a apontar ações para reduzir ou eliminar o problema de atropelamentos e de impactos sobre a fauna selvagem. As Resoluções 01/1986 e 237/1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) dá as linhas gerais para o licenciamento de atividades causadoras de impacto ambiental. E a Portaria 423/2011, dos ministérios do Meio Ambiente e dos Transportes, instituiu o chamado Programa de Rodovias Federais Ambientalmente Sustentáveis. De acordo com esse instrumento, compete a ambos os ministérios promover a regularização ambiental das rodovias federais asfaltadas sem licença ambiental, com prazo máximo de 20 anos.

## Ecologia de estradas

Segundo Van der Ree *et al.* (2011), “[...] O termo ‘ecologia de estrada’ foi usado pela primeira vez em alemão (“Straßenökologie”) em 1981”. A ecologia de estradas é um segmento da ecologia aplicada que estuda as relações da implantação e manutenção de infraestrutura viária (rodovias, ferrovias e afins) com a biodiversidade, tendo uma forte relação com a ecologia de paisagem e ecologia de populações e comunidades. Ela vem auxiliar no planejamento, implantação e gestão de infraestrutura viária, baseando a tomada de decisão em pesquisa científica (Roedenbeck *et al.* 2007, Bager & Fontoura 2012).

Infraestruturas viárias exercem grande influência na economia mundial, uma vez que, em muitos países, são os principais responsáveis pelo escoamento dos produtos minerais, agrícolas e industriais. Também melhoram o desenvolvimento das condições humanas, como o acesso à saúde, educação e facilita a ocupação da terra por pessoas (Riverson *et al.* 1991, Moraes & Santos 2004, Perz *et al.* 2008, Sampaio & Brito 2009). Porém, como qualquer outro tipo de empreendimento, a implantação de infraestrutura viária gera impactos negativos à biodiversidade. Durante sua construção há a perda de habitats, o efeito de borda (Miller *et al.* 1996, Reed *et al.* 1996, Forman & Alexander 1998, Jaarsma *et al.* 2006), o aumento da compactação e redução da filtração do solo, podendo alterar a biota (Riley 1984) e o crescimento da vegetação no entorno é impedida pelo seu corte e uso de herbicidas que mantém a vegetação no estágio inicial de sucessão (Andrews 1990). Além disso, há o aporte de sedimentos para os cursos hídricos (Richardson *et al.* 1975, Seyedbagheri, 1996) e a propagação de espécies exóticas (Scheld 1991, Greenberg *et al.* 1997, Forman & Alexander 1998, Trombulak & Frissel 2000, Coffin 2007, Bager & Rosa 2011, Meunier & Lavoie 2012, Bager & Fontoura 2013, Bager & Grilo 2013).

Os efeitos da construção de estradas são influenciados pela largura da rodovia, a densidade de infraestrutura viária, a velocidade do tráfego e a paisagem circundante (Fahrig *et al.* 1995, Seiler *et al.* 2003, Gibbs & Shriver 2005, Waller & Servheen 2005, Ament *et al.* 2008). Algumas pesquisas têm relatado que a presença da rodovia afeta o comportamento de animais, sendo que Jaeger *et al.* (2005) classificaram três tipos de comportamento: o *noiseavoidance*, quando os animais evitam a rodovia devido às perturbações do tráfego (ruído, produtos químicos, luminosidade etc.); o *roadsurfaceavoidance*, quando os animais tendem evitar ir para a rodovia devido a condições

inóspitas, como exemplo, falta de pavimentação, diferentes condições microclimáticas e mudança da vegetação na borda; e o *caravoidance*, onde os animais somente evitam a rodovia quando há algum carro trafegando (Jaeger *et al.* 2005, Fahrig & Rytwinski 2009, Rosa 2012, Brehme *et al.* 2013, Rosa & Bager 2013). O comportamento de evitar a rodovia impede que os animais entrem em colisão com os veículos, mas os restringe a um dos lados da rodovia, afetando o fluxo gênico das populações e processos como migração e dispersão para busca por recursos e/ou outras áreas, principalmente dos animais de médio e grande porte (Godbout & Ouellet 2008).

Há também os animais que são atraídos pelas superfícies de rodovias e ferrovias, seja para termorregulação, deslocamento, alimentação de grãos deixados pelos veículos ou até mesmo das carcaças de animais mortos, o que os expõem a um novo risco de atropelamento (Erritzoe *et al.* 2003, Bagatine 2006). De todos os impactos, o atropelamento é o mais evidente, e pode afetar a demografia das populações (Trombulak & Frissel 2000, Gibbs & Shriver 2005, Huijser *et al.* 2007) e a estrutura de comunidades.

### **Ecologia de estradas no Brasil**

De acordo com Bager *et al.* (2007), o primeiro trabalho encontrado sobre impactos de empreendimentos viários à fauna selvagem no Brasil é de 1988 (Novelli *et al.* 1988). O conhecimento científico brasileiro sobre o tema foi avaliado por Dornas *et al.* (2012), que verificaram que dos 66 trabalhos consultados, 8% foram realizados antes do ano 2000, 31% entre 2000 e 2005 e 61% entre 2006 e 2009, demonstrando um evidente crescimento dos estudos na última década. Os autores notaram uma alta variabilidade na metodologia empregada no monitoramento, o que dificulta a comparação de resultados entre estudos.

O atropelamento é apenas o mais visível dos impactos inerentes a todas rodovias e ferrovias. Os demais são mais difíceis de serem quantificados em relação à mortalidade e efeitos diretos, mas certamente implicam em redução da viabilidade populacional a médio e longo prazo (Jaeger 2015). Mantendo o foco em mortalidade determinada por atropelamento, as taxas encontradas para o Brasil variam enormemente, tanto em função da região, quanto do grupo considerado.

### **Unidades de conservação e infraestrutura viária**

Se os impactos negativos de empreendimentos viários levam à redução da biodiversidade em áreas ocupadas por atividades antrópicas, seus efeitos devem ser potencializados quando se consideram as unidades de conservação – UC. No estudo de Wittmeyer *et al.* (2008) observou-se que em áreas com características similares, porém divididas em áreas de UCs e áreas sem UCs, as primeiras possuem um crescimento populacional humano maior, possivelmente devido à maior oferta de empregos criadas nessas áreas e também pelo turismo. O desmatamento no entorno das UCs também foi maior, o que conseqüentemente pode isolar as áreas conservadas, dificultando a conectividade, além de aumentar o efeito de borda. Nos parques federais americanos os efeitos das estradas são uma das principais preocupações dos gestores (Ament *et al.* 2008). Estradas devem ser evitadas próximas a áreas reservadas para a conservação, pois podem levar ao empobrecimento de espécies sensíveis a elas (Forman & Dablinger 2000) e elevar o número de atropelamentos da região (Bernardino & Dalrymple 1992, Rosen & Lowe 1994, Kline & Swann 1998, Dodd *et al.* 2004, Ament *et al.* 2008, Hayward *et al.* 2010). Mesmo em áreas reservadas para conservação, os animais estão vulneráveis aos atropelamentos, o que ocorre em elevados números (Bernardino & Dalrymple 1992, Rosen & Lowe 1994, Kline & Swann 1998, Dodd *et al.* 2004, Hayward *et al.* 2010). O número de visitantes no parque pode influenciar no número de animais atropelados (Garriga *et al.* 2012). E o aumento do tráfego pode alterar a distribuição animais em UCs, ao evitarem as estradas, tornando-se outra preocupação para os gestores (Yost & Wright 2001).

Tendo em vista a interação entre as estradas e áreas preservadas, as unidades de conservação que são voltadas para a preservação de espécies, comunidades e/ou ecossistemas – são mais afetadas, especialmente com a questão de atropelamentos. Espécies vulneráveis serão mais impactadas, pois possuem populações geralmente menores. Contudo, não há muitos trabalhos que evidenciem de forma concreta o quanto este fator irá afetar tais populações. Ament *et al.* (2008) afirmam que existe pouco conhecimento nos EUA a respeito de como as estradas afetam as UCs, além do que se sabe dos atropelamentos. Estes estudos têm sido focados em indivíduos, sendo que populações, comunidades e ecossistemas recebem uma atenção menor. A presença de humanos na rodovia pode atrair as espécies para o local, o que pode ocasionar a morte por atropelamento. E isso seria um fator que pode estar influenciando a seleção de habitats por alguma espécie (Silva *et al.* 2009), mas o efeito barreira também já foi estudado em UCs (Duke *et al.* 2001).

### **UCs no Brasil**

No que tange às unidades de conservação, a situação é delicada. Não há hoje no Brasil uma normativa única que defina o que uma rodovia, estrada ou ferrovia deve respeitar dentro dos limites das unidades de conservação. De um modo geral, a minimização de impactos dentro das nossas UCs está condicionada ao que determina seu Plano de Manejo (SNUC 2000). Essa condição traz em si uma fragilidade, pois embora o Plano de Manejo, em essência, constitua todo o arcabouço legal para o manejo e utilização de uma área protegida, a maioria das UCs hoje não possuem o documento. E as que possuem, em grande parte dos casos, precisam atualizá-lo.

Quando há uma estrada dentro da UC, placas de sinalização são as medidas mais encontradas que informam os limites de velocidade nessas áreas. Dificilmente há medidas que imponham uma redução, como lombadas e radares. A bem da verdade, se o motorista que cruzar uma UC estiver distraído, na maioria das vezes nem perceberá que está em uma área que essencialmente deve preservar a vida silvestre. E se o estabelecimento dessas regras já se constitui em exceções, mais raras ainda são medidas de mitigação, como a instalação de túneis, passadouros ou mesmo cercas. Em um estudo recente, Botelho *et al.* (2014) demonstram que das 313 UCs Federais até então existentes, cerca de 72% estão sob influência direta ou indireta de rodovias. O percentual sobre as UCs terrestres é ainda maior se considerarmos que o total de UCs federais inclui também as áreas marinhas. O estudo afirma que em média 3,85% da área das UCs federais do país estão sendo afetadas, o que significa mais de 2,5 milhões de hectares. Diante do exposto é urgente que medidas de minimização desse impacto sejam estabelecidas não só em UCs federais, mas nas estaduais e municipais também. No caso das UCs, áreas que por definição existem para conservar a biodiversidade, a falta de mecanismos mais eficientes que contribuam para a minimização de impactos é quase ilógica e necessita urgentemente ser revertida.

O levantamento apresentado no estudo de Lima (2013) mostra que 24% das unidades de conservação (incluindo federais, estaduais e municipais) assumem ter mais de cinco estradas e, referente à quilometragem, 22% das UCs apresentam mais de 90 km de rodovias. Neste estudo também foi mostrado que há falta de pesquisas para se conhecer os impactos das rodovias sobre as unidades, o que resulta em falta de dados sobre os efeitos antrópicos. O diagnóstico feito por Bager (2012) demonstra que o número de rodovias que efetivamente são licenciadas é baixo em relação ao todo, mas mais importante é a demonstração do baixo grau de informação dos gestores de UC sobre este fato, que pode ser uma importante ferramenta de gestão e manejo da UC. Os gestores acreditam que outros impactos além dos atropelamentos afetam as UCs, como fragmentação e degradação do habitat, afugentamento de espécies, introdução de espécies exóticas, aumento das atividades de caça/pesca/extração. Ainda, mais de 80% das UCs que possuem rodovias na sua área já registraram atropelamento de fauna selvagem e 50% informaram que estes atropelamentos são constantes. Crê-se que esta percepção possa ser alterada se o monitoramento deste impacto for incluído na rotina das unidades.

## Estratégias para mitigar o impacto de atropelamento em unidades de conservação

Conforme exposto anteriormente, o problema do atropelamento de fauna é crônico e ocorre em toda a extensão territorial do Brasil. Considerando que o país possui dimensões continentais, é impossível focar a quantificação deste impacto apenas em pesquisas científicas de pequena escala geográfica. Por outro lado, a obtenção de dados em grande escala espacial normalmente implica em altos investimentos e muitos anos de coleta. As estimativas mostram que mais de 450 milhões de animais selvagens podem estar sendo mortos anualmente em 1,7 milhões de quilômetros de estradas existentes em todo o Brasil (Bager, in prep.). Deste número, 390 milhões são de pequenos animais como sapos, cobras, aves e mamíferos de pequeno porte, 55 milhões são animais como lebres, gambás, macacos, jiboias, tartarugas, entre outros e 5 milhões são de grandes animais, tais como onças, onças-pardas, lobo-guará, tamanduá-bandeira, lontras, canídeos e outros felinos de várias espécies.

Esses fatos determinaram a necessidade do desenvolvimento de uma estratégia de coleta, sistematização e difusão de dados de atropelamento de fauna selvagem integrada e nacional. Essa estratégia deve suprir demandas de planejamento e gestão de rodovias e ferrovias, além de gerar conhecimento aplicado sobre os impactos diretos e indiretos na biodiversidade.

Nas últimas décadas o avanço tecnológico tem permitido o desenvolvimento de ferramentas que integram a diferentes segmentos da sociedade no processo ativo de geração do conhecimento científico, sendo denominado mundialmente como *citizenscience* (Ciência Cidadã). Por definição, *citizenscience* são pesquisas científicas conduzidas, no todo ou em parte, por cientistas amadores ou não profissionais. Também podemos considerar que é a coleta sistemática e análise de dados, desenvolvimento de tecnologia, testes de fenômenos naturais, e da divulgação dessas atividades por diferentes grupos da sociedade. Sua eficácia já foi comprovada em meteorologia (Gonsamo & D'Odorico 2014), relações etnozoológicas (Wine *et al.* 2015), distribuição de lixo em regiões costeiras (Smith *et al.* 2014), distribuição de doenças (de Weger *et al.* 2014), entre outros. No que se refere a ecologia de estradas, e mais precisamente em estudos de atropelamento de fauna, algumas publicações internacionais já citam casos de sucesso (Quinn *et al.* 2014, Cosentino *et al.* 2014, Olson *et al.* 2014) e deverão ser ampliadas nos próximos anos.

No Brasil a maior experiência em *citizenscience* é justamente um conjunto de ferramentas tecnológicas que supre todas as demandas para coleta de dados, planejamento e gestão de informações para monitoramento de fauna atropelada. Esse conjunto de ferramentas é denominado de Sistema Urubu (CBEE 2015) e é dividido em três segmentos: coleta, gestão e análise de dados, e visualização (Figura 1).

Para a coleta de dados foi idealizado um aplicativo para *smartphone/tablets*, denominado Urubu Mobile. O Urubu Mobile (ver [http://cbee.ufla.br/portal/sistema\\_urubu/urubu\\_mobile.php](http://cbee.ufla.br/portal/sistema_urubu/urubu_mobile.php)) supre duas demandas distintas, uma técnica/científica onde pesquisadores, consultores e concessionárias de rodovias podem utilizar o sistema para coletar dados de atropelamento e avaliá-los considerando o esforço amostral. E uma versão aberta, destinada a qualquer pessoa preocupada com a conservação da biodiversidade. Em ambos os casos o usuário não precisa ter conhecimento de identificação de fauna pois o Sistema possui avaliadores *ad hoc* (Ver Urubu Web, abaixo). Ao localizar um animal atropelado a pessoa liga o aplicativo e tira uma foto que automaticamente registra a posição geográfica e a data. Este conjunto de dados pode ser encaminhado imediatamente ou aguardar que o usuário encontre uma rede de conexão *wifi*.

O segmento de gestão de dados, denominado Urubu Web ([http://cbee.ufla.br/portal/sistema\\_urubu/urubu\\_web.php](http://cbee.ufla.br/portal/sistema_urubu/urubu_web.php)), reúne a gestão pessoal de dados, onde o usuário pode acessar e visualizar as informações que encaminhou para o sistema, assim como o andamento do processo de validação, explicado na sequência. O mesmo Urubu Web permite a gestão institucional dos dados, viabilizando o cadastro de parceiros institucionais, projetos, perfis de acesso, campos que

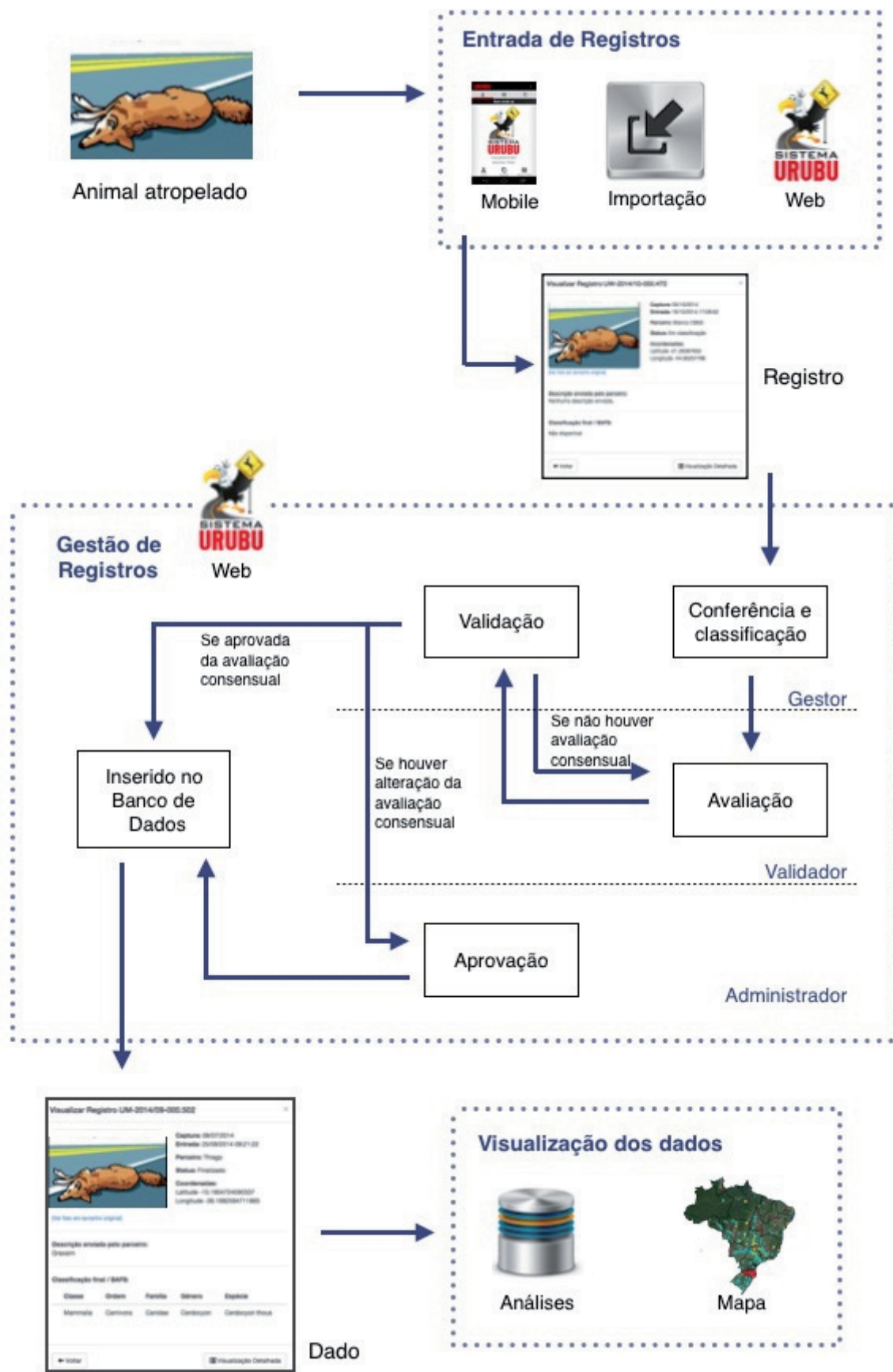


Figura 1 – Estrutura do Sistema Urubu e suas funcionalidades.

serão disponibilizados para visualização, entre outros. Um aspecto fundamental deste sistema é o processo de validação de todas as fotos que são encaminhadas pelo Urubu Mobile. O Sistema Urubu conta atualmente com 800 consultores ad hoc, especialistas em diferentes classes faunísticas de vertebrados, e que colaboram com a identificação dos animais através das fotos enviadas. Cada foto é validada por cinco profissionais e somente são incluídas as informações que obtiveram consenso de, no mínimo, três validadores. Este aspecto confere ao Sistema Urubu a funcionalidade de poder ser utilizado para planejamento de estratégias de conservação da biodiversidade em longo prazo.

Finalmente, o terceiro segmento é o de análise (em desenvolvimento) e visualização de dados. A visualização pode ser realizada através do Urubu Map (<http://sig.bafs.cbee.ufla.br>) ou por relatórios padrões disponíveis no Portal do Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE) ([http://cbee.ufla.br/portal/sistema\\_urubu/urubu-info.php](http://cbee.ufla.br/portal/sistema_urubu/urubu-info.php)).

O uso de dados oriundos de amostragens não sistemáticas eventualmente gera questionamentos sobre sua viabilidade de uso para estratégias de conservação da biodiversidade. Desde a sua concepção, algumas pessoas questionavam a importância desses dados para a conservação efetiva da biodiversidade. Paul *et al.* (2014) avaliaram a eficiência desse método de coleta comparando dados coletados por pesquisadores e por usuários de um trecho de rodovia de 46 km de extensão no Canadá. Os resultados demonstram que os dados coletados pelos usuários foram capazes de identificar os hotspots de atropelamento de fauna e um grande número de carcaças que não foram localizadas pelos pesquisadores.

O CBEE estabeleceu uma parceria com o ICMBio, com o objetivo de que todas as unidades de conservação federais se utilizem do Sistema Urubu para a coleta, sistematização e análise de dados de atropelamento de fauna selvagem. Entre os vários pontos que demonstram a importância de tal parceria estão a possibilidade de gestão integrada, permitindo que a priorização de ações em UCs ou trechos específicos de rodovias em UCs considerando um cenário local, regional e nacional. Outro ponto é a possibilidade de obtenção de dados confiáveis a custo zero, desde que a equipe da unidade utilize o aplicativo sempre que identificar animais atropelados, independente de estar realizando monitoramentos específicos ou ações de rotina. Com essas simples ações, as UCs terão informações relevantes das principais espécies afetadas e seus *hotspots* de atropelamento, informações fundamentais no planejamento e gestão da unidade, assim como em processos de licenciamento ambiental.

Os gestores e analistas de unidades de conservação possuem agora uma ferramenta de coleta e sistematização de dados de atropelamento que pode ser internalizada nas atividades diárias da unidade. Existem diferentes formas de utilizar o Sistema Urubu para monitoramento de fauna selvagem nessas áreas:

**Monitoramento sistemático:** esse tipo de monitoramento requer o estabelecimento de um processo de capacitação da equipe e o comprometimento para a realização de coletas em intervalos pré-definidos conforme protocolo de amostragem criado pelo CBEE (Maia & Bager 2013). Exige ainda recursos financeiros, de pessoal e infraestrutura. Contudo é o procedimento que gera dados mais robustos para análise e tomada de decisão.

**Monitoramento não sistemático interno:** o uso do Urubu Mobile pela equipe da unidade pode ser implementado em celulares e *tablets* pessoais. Nesse caso não existe nenhum tipo de investimento e a coleta de dados é eventual, realizada durante deslocamentos para a realização de outras ações. Esses dados, se coletados durante um período significativo, podem embasar a tomada de decisão e direcionar propostas de pesquisas e termos de referência para construção e/ou ampliação de rodovias e ferrovias na área da unidade.

**Monitoramento não sistemático realizado pela comunidade:** unidades de conservação que possuam grande número de visitantes ou que desenvolvam ações de educação ambiental nas comunidades de entorno podem agregar dezenas ou centenas de voluntários





na coleta de dados. A difusão do Sistema Urubu e a conscientização dos efeitos de rodovias e ferrovias na biodiversidade pode ampliar drasticamente o número de pessoas colaborando com a coleta de dados.

No momento, o Sistema já possui mais de 16 mil usuários em todos os estados brasileiros, que contribuíram com aproximadamente 20 mil registros. No que tange às unidades de conservação, o sistema possui mais de 102 UCs de diferentes esferas governamentais. A expectativa é que a ampliação do número de usuários, tanto da sociedade, quanto de analistas de UCs, amplie os dados em cada unidade e o número de locais com registros.

## Conclusão

O atropelamento e os outros impactos de rodovias à biodiversidade brasileira, sobretudo em unidades de conservação, são um problema crônico que devem ser internalizados em todos os órgãos ambientais e de planejamento de rodovia em todas as esferas governamentais. Hoje temos a oportunidade de ser pró-ativos e coletar informações fundamentais para a tomada de decisão com um custo muito baixo e com grande confiabilidade. Cabe aos diferentes atores da sociedade (população e profissionais de diversas esferas governamentais) internalizarem a problemática e posteriormente se engajarem em atividades como essa, que tem por objetivo conservar a biodiversidade brasileira.

## Agradecimentos

Agradecemos aos apoios concedidos pela Fapemig (Processo CRA – PPM-00139-14; 453 e CRA – APQ-03868-10), CNPq (Processo 303509/2012-0), Fundação O Boticário de Proteção à Natureza (Processo 0945-20122), Tropical Forest Conservation Act – TFCA (através do Fundo Brasileiro para Biodiversidade – FUNBIO).

## Referências bibliográficas

- Ament, R.; Clevenger, A.P.; Yu, O. & Hardy, A. 2008. An assessment of road impacts on wildlife populations in U.S. National Parks. **Environmental Management**, 42(3): 480-496.
- Andrews, A. 1990. Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review. **Australian Journal of Zoology**, 26: 130-41.
- Aresco, M. J. 2005. Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at a North Florida Lake. **Journal of Wildlife Management**, 69(2): 549-560.
- Bagatini, T. 2006. **Evolução dos índices de atropelamento de vertebrados silvestres nas rodovias do entorno da Estação Ecológica Águas Emendadas, DF/Brasil e eficácia de medidas mitigadoras**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. 78p.
- Bager, A. & Fontoura, V. 2013. Evaluation of the effectiveness of a wildlife road kill mitigation system in wetland habitat. **Ecological Engineering**, 53: 31-38.
- Bager, A. & Grilo, C. 2013. Road Ecology. **Oecologia Australis**, 17(1): 4-5.
- Bager, A. & Rosa, C.A. 2011. Influence of sampling effort on the estimated richness of road-killed vertebrate wildlife. **Environmental Management**, 47(5): 851-858.
- Bager, A.; Piedras, S.R.N.; Pereira, T.S.M. & Hobus, Q. 2007. Fauna selvagem e atropelamento – diagnóstico do conhecimento científico brasileiro, p. 4962. In: A. Bager (Ed.). **Áreas protegidas. Repensando as escalas de atuação**. Armazém Digital.
- Bernardino, F.S. & Dalrymple, G.H. 1992. Seasonal activity and road mortality of the snakes of the Pa-hay-okee wetlands of Everglades National Park, USA. **Biological Conservation**, 62:71-75.

Brasil, 2000. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC e dá outras providências.

CBEE (Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas). Portal do CBEE. <<http://cbee.ufla.br>>. (Acesso em 20/01/2015).

Clevenger, A.P.; Chruszcz, B. & Gunson, K.E. 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. **Biological Conservation**, 109(1): 15-26.

CNT. 2010. Confederação Nacional do Transporte. **Revista CNT**, 181.82: 73-76.

Coffin, A.W. 2007. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. **Journal of Transport Geography**, 15(5): 396-406.

Cosentino, B.J.; Marsh, D.M.; Jones, K.S.; Apodaca, J.J.; Bates, C. & Beach, J. 2014. Citizen science reveals widespread negative effects of roads on amphibian distributions. **Biological Conservation**, 180: 31-38.

Dodd, K.C., Jr.; Barichivich, W.J. & Smith, L.L. 2004. Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. **Biological Conservation**, 118(5): 619-631.

Dornas, R.A.P.; Kindel, A.; Freitas, S.R. & Bager, A. 2012. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. p. 139-152. In: Bager, A. (Ed.). **Ecologia de estradas**. Editora da UFLA.

Duke, D.L.; Hebblewhite, M.; Paquet, P.C.; Callaghan, C. & Percy, M. 2001. Restoring a large carnivore corridor in Banff National Park, p. 261-276. In: **Large mammal restoration**. Island Press.

Erritzoe, J.; Mazgajski, T.D. & Rejt, L. 2003. Bird casualties on European roads – a review. **Acta Ornithol.**, 38(2):7793.

Fahrig, L. & Rytwinski, T. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. **Ecology and Society**, 14(1): 21.

Fahrig, L.; Pedlar, J.H.; Pope, S.E.; Taylor, P.D. & Wegner, J.F. 1995. Effect of road traffic on amphibian density. **Biological Conservation**, 73(3): 177-182.

Forman, R.T. & Alexander, L.E. 1998. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 29:207-231.

Forman, R.T. & Deblinger, R.D. 2000. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (U.S.A.) Suburban Highway. **Conservation Biology**, 14(1): 36-46.

Garriga, N.; Santos, X.; Montori, A. & Richter-Boix, A. 2012. Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna. **Biodiversity and Conservation**, 21(11): 2761-2774.

Godbout, G. & Ouellet, J. 2008. Habitat selection of American marten in a logged landscape at the southern fringe of the boreal forest. **Ecoscience**, 15(3): 332-342.

Gonsamo, A. & D'Odorico, 2014. Citizen science: best practices to remove observer bias in trend analysis. **International Journal of Biometeorology**, 58(10): 2159-2163.

Hayward, M.W.; Hayward, G.J. & Kerley, G. I. H. 2010. The impact of upgrading roads on the conservation of the threatened flightless dung beetle, *Circellumbacchus* (F.) (Coleoptera: Scarabaeidae). **Coleopterists Bulletin**, 64(1): 75-80.

Jaarsma, C.F.; van Langevelde, F. & Botma, H. 2006. Flattened fauna and mitigation: Traffic victims related to road, traffic, vehicle, and species characteristics. **Transportation Research Part D-Transport and Environment**, 11(4): 264-276.

Jaeger, J.A.G.; Bowman, J.; Brennan, J.; Fahrig, L.; Bert, D. & Bouchard, J. 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. **Ecological Modelling**, 185(2-4): 329-348.

Jaeger, J.A. 2015. Improving environmental impact assessment and road planning at the landscape scale. In: **Handbook of road ecology**. pp. 32-42. Van der Ree, R.; Smith, D.J. & Grilo, C. (eds). Wiley Blackwell. 522 p.

- Kline, N.C. & Swann, D.E. 1998. Quantifying wildlife road mortality in Saguaro National Park, 23-31. In: Evink, G.; Garrett P.; Zeigler D. & Berry J. (eds). **Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation**.
- Lewinsohn, T.M. & Prado, P.I. 2005. Quantas espécies há no Brasil? **Megadiversidade**, 1(1): 36-42.
- Lima, K. 2013. **Impacto de estradas em unidade de conservação do Brasil**. Monografia (Graduação em Biologia). Universidade Federal de Lavras, 93p.
- Maia, A.C. & Bager, A. 2013. **Projeto Malha: manual para equipe de campo**. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas – UFLA. 30p.
- Meneguetti, D.U.O.; Meneguetti, N.F.S.P. & Trevisan, O. 2010. Georreferenciamento e reavaliação da mortalidade por atropelamento de animais silvestres na linha 200 entre os municípios de Ouro Preto do Oeste e Vale do Paraíso – RO. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, 1(1):58-64.
- Meunier, G. & Lavoie, C. 2012. Roads as corridors for invasive plant species: new evidence from smooth bedstraw (*Galiummollugo*). **Invasive Plant Science and Management**, 5(1):92-100.
- Miller, J.R.; Joyce, L.A.; Knight, R.L. & King, R.M. 1996. Forest roads and landscape structure in the southern Rocky Mountains. **Landscape Ecology**, 11: 115-27.
- Moreira, A. 2011. Frota de veículos cresce 119% em dez anos no Brasil aponta Denatran. <<http://g1.globo.com/carros/noticia/2011/02/frota-de-veiculos-cresce-119-em-dez-anos-no-brasil-aponta-denatran.html>>. Acessado em 15 de dezembro de 2015.
- Olson, D.D.; Bissonette, J.A.; Cramer, P.C.; Green, A.D.; Davis, S.T.; Jackson, P.J. & Coster, D.C. 2014. Monitoring wildlife-vehicle collisions in the information age: how smartphones can improve data collection. **Plos One**: 9(6): 1-9.
- Paul, K.; Quinn, M.S.; Huijser, M.P.; Graham, J. & Broberg, L. 2014. An evaluation of a citizen science data collection program for recording wildlife observations along a highway. **Journal of Environmental Management**, 139: 180-187.
- Perz, S.G.; Warren, J.W.; David P. & Kennedy, D.P. 2008. Contributions of racial-ethnic reclassification and demographic processes to indigenous population resurgence: the case of Brazil. **Latin American Research Review**, 42(3): 7-33.
- Reed, R.A.; Johnson-Barnard, J. & Baker, W.L. 1996. Contribution of roads to forest fragmentation in the Rocky Mountains. **Conservation Biology**, 10:1098-106.
- Riley, S.J. 1984. Effect of clearing and roading operations on the permeability of forest soils, Karuah catchment, New South Wales, Australia. **Forest Ecology and Management**, 9: 238-293.
- Riverson, J.; Gaviria, J. & Thruscutt, S. 1991. **Rural roads in sub-Saharan Africa: lessons from World Bank experience**. Technical paper, v.141. The World Bank, Washington, D.C.
- Roedenbeck, I.A.; Fahrig, L.; Findlay, C.S.; Houlahan, J.E.; Jaeger, J.A.G. & Klar, N. 2007. The Rauschholzhhausen agenda for road ecology. **Ecology and Society**, 12(1): 11.
- Rosa, C.A. & Bager, A. 2013. Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. **Oecologia Australis**, 17(1): 6-19.
- Rosen, P.C. & Lowe, C.H. 1994. Highway mortality of snakes in the Sonoran desert of southern Arizona. **Biological Conservation**, 68: 143-148.
- Sandoval, M.A.L. 2014. **Breve histórico sobre a evolução do planejamento nacional de transportes**. Dnit/Ministério dos Transportes.
- Santos, S.M.; Carvalho, F. & Mira, A. 2011. How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. **Plos One**, 6(9): e25383.
- Seiler, A. 2001. Ecological effects of roads: a review. **Introductory Research Essay**, 9:1-40.

- Silva, M; Johnson, K. M. & Opps, S.B. 2009. Habitat use and home range size of red foxes in Prince Edward Island (Canada) based on snow-tracking and radio telemetry data. **Central European Journal of Biology**, 4(2): 229-240.
- Smith, S.D.A.; Gillies, C.L. & Shortland-Jones, H. 2014. Patterns of marine debris distribution on the beaches of Rottnest Island, Western Australia. **Marine Pollution Bulletin**, 88(1-2): 188-193.
- Trombulak, S.C. & Frissell, C.A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, 14(1): 18-30.
- van der Ree, R.; Jaeger, J.A.G.; van der Grift, E.A. & Clevenger, A.P. 2011. Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: Road ecology is moving toward larger scales. **Ecology and Society**, 16(1):48.
- Waller, J.S. & Servheen, C. 2005. Effects of transportation infrastructure on grizzly bears in Northwestern Montana. **The Journal of Wildlife Management**, 69(3): 985-1000.
- Weger, L.A.; Hiemstra, P.S.; Op den Buysch, E. & van Vliet, A.J.H. 2014. Spatiotemporal monitoring of allergic rhinitis symptoms in The Netherlands using citizen science. **Allergy**, 69(8): 1085-1091.
- Wine, S.; Gagne, S.A. & Meentemeyer, R.K. 2015. Understanding human-coyote encounters in urban ecosystems using citizen science data: what do socioeconomics tell us? **Environmental Management**, 55(1): 159-170.
- Wittmeyer, G.; Elsen, P.; Bean, W.T.; Coleman, A.; Burton, O. & Brashares, J.S. 2008. Accelerated human population growth at protected area edges. **Science**, 321: 123-126.
- Yost, A.C. & Wright, R.G. 2001. Moose, caribou, and grizzly bear distribution in relation to road traffic in Denali National Park, Alaska. **Arctic**, 54(1): 41-48.