

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GABRIELA SCHUCK DE OLIVEIRA

A MORTALIDADE DE FAUNA INVISÍVEL NO NOSSO COTIDIANO

Porto Alegre

2018

GABRIELA SCHUCK DE OLIVEIRA

A MORTALIDADE DE FAUNA INVISÍVEL NO NOSSO COTIDIANO

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Andreas Kindel

Banca Examinadora: Msc. Diego Janish Alvares

Dr. Jan Karel Felix Mähler Jr

Porto Alegre

2018

Agradecimentos

Acho que nunca disse ao Andreas o quanto eu sou grata por todo o conhecimento fornecido e pela amizade durante esses cinco anos na biologia. Obrigada por tudo! Eu caí no NERF de paraquedas (e fraldinha), sem saber o quão importante seria esse núcleo para mim, do primeiro semestre ao último, estou aqui e continuarei. Então, muito obrigada a todas as pessoas do NERF, um bando de loucos que deram espaço para a minha loucura.

A lista é grande de todas as pessoas que ajudaram nesse projeto desde os motoristas da SUINFRA até aos meus colegas da biologia, ensino médio e família. Muita gente me ajudou e foram no total mais de 428 campos! Então é muita gente envolvida... Sempre tento contribuir com a minha presença nos campos alheios e no que for necessário, quero devolver todo esse apoio em dobro!

Obrigada a todos os identificadores de tapetes de carcaças, em especial ao Diego e o Diógenes que (quase) nunca fizeram cara feia e sempre tentaram ao máximo identificar ao menor nível taxonômico possível. Aos colegas da Fundação Zoobotânica (seguimos lutando contra a extinção) que também contribuíram na identificação de mamíferos e anfíbios.

E um último carinho especial, novamente, para a minha família que além de sempre acreditarem nos meus sonhos, estiveram comigo sol e chuva contando animais mortos, sem mesmo nem entender o porquê. Ao Guilherme (que também é família) por aceitar a me ajudar nos campos mais difíceis (remoção e detecção) e também sempre estar ao meu lado para o que der e vier.

Sem a contribuição dessas pessoas, eu não teria conquistado tudo que aconteceu até agora. Muito obrigada, foi um prazer desenvolver essa atividade nos últimos cinco anos. Passou rápido!

Apresentação

Este trabalho está formatado como artigo seguindo as normas editoriais da revista *Urban Ecosystems*, com exceção a folha de rosto, utilizada a sugerida pela biblioteca do Instituto de Biociências, dos anexos ao longo do texto para facilitar a interpretação dos dados, do idioma escrito e das legendas inseridas nas figuras.

Resumo

O ambiente urbano cresce em ritmo acelerado em relação aos outros tipos de ambientes. Nesse ambiente podemos encontrar diferentes formas de vidas adaptadas ao meio urbano, o que nos remete que nós ecólogos devemos investir mais na ecologia urbana. Com a presença de espaços verdes nas cidades a fauna silvestre cria uma resiliência à antropização, mas não consegue totalmente evitar a exposição aos impactos negativos da vida urbana, que inclui a fatalidade por colisão com veículos. Neste estudo nós avaliamos, durante cinco anos, as fatalidades de vertebrados de um sistema 5,09 km de vias internas em uma metrópole brasileira. Durante esse período observamos 303 fatalidades de animais silvestres com uma estimativa de 973 indivíduos atropelados, quando consideramos a eficiência do observador e a persistência das carcaças. Encontramos 71 espécies de vertebrados, sendo os répteis o grupo mais frequentemente registrado. Considerando quatro anos completos do estudo, o mês de novembro possui a maior mortalidade, com uma média mensal de aproximadamente 10,5 carcaças observadas. Reconhecemos seis zonas de agregações de atropelamentos na via estudada e evidenciamos que redutores de velocidade implantados durante a execução deste estudo não resultaram em redução das mortes. Adicionalmente discutimos algumas adequações recomendadas no programa de mitigação da mortalidade que incluem a adição ou reposicionamento de redutores de velocidade, placas de advertência e de comunicação, e sinalização horizontal de advertência e sensibilização para este impacto sobre a fauna.

Palavras – chave

Ecologia urbana; fauna atropelada; área verde; ecologia de rodovias; biodiversidade urbana.

Abstract

The urban environment is growing at an accelerated rate in relation to other types of environments. In this environment, we can find different forms of lives adapted to the urban environment, which reminds us that we ecologists should invest more in urban ecology. With the presence of green spaces in cities, wildlife creates a resilience to anthropic environmental changes, but cannot totally avoid the exposure to the negative impacts of urban life, which includes collision with vehicles. Inhere we studied, during five years, the vertebrate fatalities due to vehicle-animal collisions in an urban road system in a Brazilian metropolis. During this period, we recorded 303 fatalities of wild animals and, considering observer efficiency and carcass persistence, we estimated 973 deads. We found 71 species of vertebrates, with reptiles as the most frequent group. Including only the four complete years of study, november had the highest number of fatalities, with an average of approximately 10.5 carcasses/month. We identified six fatality aggregation zones and evidenced the lack of effectiveness of the speed reduction system that was stablished during this study. Finally, we discussed some the improvements needed to the mitigation program that includes the repositioning or addition of new speed reducers and advertisement and awareness vertical and horizontal signalization.

Key-words

Urban ecology; wildlife–vehicle collisions; urban green space; road ecology; urban biodiversity.

Introdução

Atualmente a população humana mundial é de aproximadamente 7,6 bilhões e a perspectiva é aumentar mais de um bilhão de pessoas até 2030 (UN 2017). Com essa expansão cada vez mais as cidades aumentam e interagem com o ambiente não antropizado. A urbanização criou mosaicos de paisagens, intercalando residências, comércio, indústrias e espaços verdes conectados por rodovias e outras infraestruturas lineares. Conseqüentemente, a interação entre esses ambientes em paisagens urbanas é recorrente, tornando uma novidade e um desafio para a sociedade administrar suas infraestruturas em relação ao ambiente não antropizado. Inclusive, a ecologia urbana, começou a ser reconhecida como um campo formal de investigação apenas após a Segunda Guerra Mundial (Niemelä 2011).

Entre os biólogos é comum a preferência por proteger e estudar áreas ainda preservadas (Soanes et al. 2018) e a tendência é realizar um movimento de fuga do estudo da expansão urbana. Porém, é necessário trabalhar em áreas antropizadas e reconhecer que a vida silvestre também está presente e se adaptando nesses ambientes. Investigar a ecologia urbana e investir na sustentabilidade ambiental ajuda a redefinir a interação das pessoas com o ecossistema e a biodiversidade (Niemelä 2011). Com o investimento e planejamento adequado, as cidades podem proteger áreas verdes (jardins, parques, manchas de vegetação nativa, etc.), obtendo serviços insubstituíveis para o meio urbano, como a purificação da água, filtragem de ar e ruído, estabilização do microclima e refúgio para a fauna e flora nativa (Chiesura 2004; Koh and Sodhi 2004).

Espaços urbanos podem suportar e sustentar uma fauna bastante diversa (Soanes et al. 2018), por isso merecem atenção na conservação, sendo necessário identificar os impactos negativos da infraestrutura urbana sobre essa fauna silvestre. Um desses impactos é o atropelamento de fauna que, no entanto, é negligenciado neste contexto (Jones et al. 2015). Quando pensamos em atropelamento de fauna silvestre logo associamos a rodovias extensas em ambientes rurais, florestas ou campos, afastados de grandes cidades. No cotidiano de metrópole

as pessoas não estão acostumadas com a presença de fauna silvestre que normalmente passa despercebida nas vias.

Neste estudo nosso objetivo foi avaliar a mortalidade da fauna de vertebrados em um sistema de vias internas junto a um grande remanescente de vegetação na cidade de Porto Alegre, no sul do Brasil. Especificamente avaliamos a composição, magnitude, variação temporal e espacial da mortalidade e efetividade da implantação de redutores de velocidade para a mitigação dos atropelamentos.

Métodos

Área de estudo

O estudo foi realizado em um sistema de vias internas de Porto Alegre, cidade com 1.409.351 habitantes (IBGE 2010). Está localizada em um ambiente de transição dos biomas Pampa e Mata Atlântica, o que contribui para a riqueza de fauna. Devido ao seu alto grau de antropização, possui apenas 24,1% de cobertura vegetal remanescente (Hasenack 2008). Apesar das numerosas áreas verdes presentes na capital (608 praças, 09 parques e 03 unidades de conservação; SMAM 2013), os remanescentes mais preservados estão restritos aos cordões de morros. Uma destas áreas preservadas é o Morro Santana (30° 02' 14'' e 30° 04' 45'' S 51° 06' 33'' e 51° 08' 35'' E), com área aproximada de 1000 ha coberta com formações de matas subxerófila, mesófilas e campos rupestres (Hasenack 2008). Em sua borda sudeste está inserido o Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), local onde foram coletados os dados de atropelamento de fauna silvestre (Figura 1). A malha viária possui uma extensão de 5,09 km, com um tráfego diário de aproximadamente 4.355 veículos em dias úteis (G. Schuck, dados não publicados) e uma velocidade máxima regulamentada em 40 km/h. Em 2016 foram instalados 12 redutores de velocidade (lombadas) em suas vias (Figura 1).



Fig 1. Imagem indicando o anel viário do Campus do Vale – UFRGS com a disposição dos redutores de velocidade e o Morro Santana (Fonte: adaptado no Google Earth).

Coleta de dados

A coleta de dados de atropelamentos de fauna silvestre no anel viário foi realizada de novembro de 2013 a outubro de 2018, através de monitoramentos do Projeto Fauna do setor do meio ambiente da Superintendência de Infraestrutura (DMALIC - SUINFRA) da universidade, em colaboração com o Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF). Este monitoramento ocorreu duas vezes por semana utilizando um automóvel deslocando-se a 30 km/h, com a participação de dois observadores, cada um monitorando um lado da pista da via. Cada carcaça localizada foi identificada ao menor nível taxonômico possível, sua posição estimada com o auxílio de um GPS de mão e posteriormente retirada da via para evitar dupla contagem e atração de saprófitos. Para a composição, também consideramos registros de espécies avistadas atropeladas fora do momento de monitoramento, a fim de complementar o inventário de fauna do Morro Santana.

Análise de dados

Para estimar o número de fatalidades de fauna silvestre consideramos a remoção de carcaças (pelo tráfego, saprófitos, condições climáticas ou limpeza da via) e a eficiência dos observadores (Santos et al. 2011; Teixeira et al. 2013a). Para verificar a eficiência do observador e o tempo de persistência das carcaças, realizamos um experimento no anel viário em julho de 2018. Uma equipe distribuiu 46 carcaças representativas da fauna atropelada do local e outra equipe realizou posteriormente o monitoramento registrando o que era detectado. A persistência das carcaças foi acompanhada por cinco dias consecutivos. Para estimar o tempo de persistência, a eficiência do observador e a mortalidade estimada utilizamos o pacote *Carcass* (Korner-Nievergelt et al. 2015) no Software RStudio (RStudio 2015).

Para a variação temporal utilizamos apenas o número médio de fatalidades mensais dos anos completos (2014, 2015, 2016 e 2017). Para verificar a existência de concentração temporal das fatalidades, utilizamos o Software *Oriana 4.02* (Kovach 2004). Para tanto, convertimos os meses em ângulos (intervalos de 30°) e a soma dos registros (dados agrupados) de cada mês foram utilizadas como uma frequência para cada ângulo, resultando em um ângulo médio (μ) que representa o período com maior fatalidade. Avaliamos a significância (p) deste período através do teste de uniformidade de Rayleigh (Z) (Zar 1999) e a intensidade (r) da concentração de fatalidades ao longo do comprimento médio do período (0= dispersão uniforme e 1= concentração na mesma direção).

Para identificarmos os pontos de agregações de atropelamentos, utilizamos a análise de densidade de Kernel (KDE) (Bíl et al. 2013) com o auxílio do software *KDE + plus* (Bíl et al. 2015), adotando como largura de banda de 100 m e 1000 iterações. Em virtude de erros do GPS, para esta análise utilizamos apenas 271 registros de atropelamentos.

Comparamos o número de fatalidades antes e depois da implementação de redutores de velocidade, através do teste de Análise de Variância (ANOVA) via modelo linear generalizado (GLM) analisado com o pacote básico do Software RStudio (RStudio 2015). Para tanto,

separamos as fatalidades em dois grupos de comportamentos distintos em relação a presença e velocidade dos veículos, considerando aves e mamíferos como aqueles que evadem e anfíbios e répteis como não-evasores (Andrews and Gibbons 2005; Jacobson et al. 2016). As unidades amostrais foram os meses e utilizamos o número de carcaças/evento de amostragem para descrever a magnitude da mortalidade em cada mês, para cada grupo de vertebrados, nos anos de 2015 (antes) e 2017 (depois).

Resultados

Durante o período monitorado (novembro de 2013 a outubro de 2018) registramos 303 animais silvestres atropelados no anel viário do Campus do Vale – UFRGS, com uma taxa média observada de 13,53 indivíduos atropelados por km/ano, considerando apenas os anos completos de observação (Tabela 1). A eficiência média dos observadores foi estimada em 27% com um intervalo de confiança (IC) de 16% a 44%, e o tempo de persistência de carcaças foi de seis dias. Considerando estes erros, a fatalidade estimada chega a 973 indivíduos (IC= 687-1000) no período monitorado, e uma taxa média de 49,45 indivíduos atropelados por km/ano o que corresponde a 3,21 vezes a abundância total de carcaças observada no período e a 3,65 vezes a taxa média de fatalidades observadas.

Tabela 1. Taxas de fatalidades dos anos completos do período monitorado.

| Taxas de fatalidades | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | Média |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|--------|
| ind/km/ano (observado) | 10,18 | 14 | 14,6 | 15,37 | 13,53 |
| ind/km/ano (estimado) | 35,3 | 52,5 | 54,9 | 55,1 | 49,45 |
| Carcaças (observado) | 51 | 70 | 73 | 77 | 67,75 |
| Carcaças (estimado) $\bar{x}(\pm CI)$ | 177 (155 - 283) | 263 (172 - 299) | 275 (190-300) | 276 (191-300) | 247,75 |

Identificamos 71 espécies de vertebrados atropeladas (Tabela 2), sendo quatro de anfíbios, 38 de aves, oito de mamíferos e 21 de répteis. Desse total, seis são espécies

exóticas/domésticas. Os répteis foram o grupo com maior número de fatalidades (n=125) e a espécie dominante foi *Trachemys dorbigni* com 28 registros.

Tabela 2. Lista quantitativa de espécies atropeladas no Anel Viário do Campus do Vale.

| Classe | Espécie | Nome Popular | Total |
|---------|--|-------------------------|-------|
| Anfíbio | <i>Boana faber</i> | Sapo-martelo | 8 |
| Anfíbio | <i>Hypsiboas</i> sp. | | 1 |
| Anfíbio | <i>Rhinella icterica</i> | Sapo-cururu | 2 |
| Anfíbio | <i>Rhinella</i> sp. | | 1 |
| Anfíbio | <i>Scinax</i> sp. | | 1 |
| Anfíbio | *Análise pendente | | 2 |
| Anfíbio | **Anfíbio NI | | 6 |
| Total | 4 | | 21 |
| Ave | <i>Aramides saracura</i> | Saracura-do-mato | 1 |
| Ave | <i>Basileuterus culicivorus</i> | Pula-pula | 1 |
| Ave | <i>Chiroxiphia caudata</i> | Tangará | 1 |
| Ave | <i>Chrysomus ruficapillus</i> | Garibaldi | 1 |
| Ave | <i>Coereba flaveola</i> | Cambacica | 3 |
| Ave | <i>Colaptes melanochloros</i> | Pica-pau-carijó | 1 |
| Ave | <u><i>Columbia livia</i></u> | Pomba-doméstica | 3 |
| Ave | Columbidae | | 2 |
| Ave | <i>Columbina picui</i> | Rolinha-picui | 1 |
| Ave | <i>Conopophaga lineata</i> | Chupa-dente | 3 |
| Ave | <i>Crotophaga ani</i> | Anu-preto | 1 |
| Ave | Furnariidae | | 1 |
| Ave | <i>Furnarius rufus</i> | João-de-barro | 3 |
| Ave | <i>Gallinula galeata</i> | Frango-d'água-comum | 1 |
| Ave | <u><i>Gallus gallus domesticus</i></u> | Galinha doméstica | 3 |
| Ave | <i>Guira guira</i> | Anu-branco | 1 |
| Ave | Icteridae | | 1 |
| Ave | <i>Leptotila</i> sp. | | 3 |
| Ave | <i>Molothrus bonariensis</i> | Chupim | 2 |
| Ave | <i>Myiothlypis leucoblephara</i> | Pula-pula-assobiador | 2 |
| Ave | <i>Ortalis squamata</i> | Aracuã-escamoso | 2 |
| Ave | *** <i>Pardirallus maculatus</i> | Saracura-pintada | 1 |
| Ave | <u><i>Passer domesticus</i></u> | Pardal | 2 |
| Ave | <i>Piaya cayana</i> | Alma-de-gato | 1 |
| Ave | <i>Pitangus sulphuratus</i> | Bem-te-vi | 2 |
| Ave | <i>Poecilatriccus plumbeiceps</i> | Tororó | 2 |
| Ave | <i>Progne chalybea</i> | Andorinha-grande | 1 |
| Ave | <i>Pygochelidon cyanoleuca</i> | Andorinha-azul-e-branca | 1 |
| Ave | <i>Setophaga pitiayumi</i> | Mariquita | 3 |
| Ave | <i>Sicalis flaveola</i> | Canário-da-terra | 1 |
| Ave | <i>Synallaxis</i> sp. | | 2 |
| Ave | <i>Tangara sayaca</i> | Sanhaço-cinzento | 1 |
| Ave | <i>Thamnophilus caerulescens</i> | Choca-da-mata | 1 |

| Classe | Espécie | Nome Popular | Total |
|----------|--------------------------------------|--------------------------|-------|
| Ave | <i>Thamnophilus ruficapillus</i> | Choca-de-chapéu-vermelho | 1 |
| Ave | Tiranideo | | 1 |
| Ave | <i>Troglodytes musculus</i> | Corruira | 1 |
| Ave | <i>Turdus amaurochalinus</i> | Sabiá-poca | 4 |
| Ave | <i>Turdus leucomelas</i> | Sabiá-barranco | 2 |
| Ave | <i>Turdus rufiventris</i> | Sabiá-laranjeira | 26 |
| Ave | <i>Turdus sp</i> | | 4 |
| Ave | <i>Vanellus chilensis</i> | Quero-quero | 1 |
| Ave | <i>Zenaida auriculata</i> | Avoante | 2 |
| Ave | <i>Zonotrichia capensis</i> | Tico-tico | 1 |
| Ave | *Análise pendente | | 8 |
| Ave | **Ave NI | | 16 |
| Total | 38 | | 122 |
| Mamífero | <i>Canis lupus familiaris</i> | Cachorro doméstico | 3 |
| Mamífero | *** <i>Cercopithecus thomasi</i> | Graxaim-do-mato | 1 |
| Mamífero | <i>Coendou spinosus</i> | Porco-espinho | 6 |
| Mamífero | <i>Dasyus novencinctus</i> | Tatu-galinha | 1 |
| Mamífero | <i>Didelphis albiventris</i> | Gambá-de-orelha-branca | 22 |
| Mamífero | <i>Felis catus</i> | Gato-doméstico | 2 |
| Mamífero | <i>Monodelphis dimidiata</i> | Cuíca-anã | 1 |
| Mamífero | Rodentia | | 1 |
| Mamífero | <i>Rattus sp.</i> | Ratazana | 5 |
| Mamífero | Vespertilionidae | Morcego | 1 |
| Mamífero | *Análise pendente | | 11 |
| Mamífero | **Mamífero NI | | 3 |
| Total | 8 | | 57 |
| Réptil | <i>Acanthochelys spixii</i> | Cágado-preto | 1 |
| Réptil | <i>Bothrops jararaca</i> | Jararaca | 1 |
| Réptil | <i>Bothrops pubescens</i> | Jararaca-pintada | 1 |
| Réptil | <i>Bothrops sp.</i> | Jararaca | 1 |
| Réptil | <i>Chironius bicarinatus</i> | Caninana-verde | 2 |
| Réptil | <i>Erythrolamprus semiaureus</i> | Cobra-lisa | 2 |
| Réptil | <i>Helicops infrataeniatus</i> | Cobra-d'água-meridional | 7 |
| Réptil | <i>Hydromedusa tectifera</i> | Cágado-de-pescoço-de- | 3 |
| Réptil | <i>Ophiodes fragilis</i> | Lagarto-de-vidro | 2 |
| Réptil | <i>Oxyrhopus rhombifer</i> | Falsa-coral | 6 |
| Réptil | <i>Philodryas aestiva</i> | Cobra-verde | 1 |
| Réptil | <i>Philodryas olfersii</i> | Cipó-listrada | 5 |
| Réptil | <i>Philodryas patagoniensis</i> | Papa-pinto | 4 |
| Réptil | <i>Phrynosoma hilarii</i> | Cágado-de-barbelas | 13 |
| Réptil | <i>Salvator merianae</i> | Lagarto-teiú | 16 |
| Réptil | Serpente NI | | 4 |
| Réptil | <i>Sibynomorphus neuwiedi</i> | Dormideira-cinzenta | 7 |
| Réptil | <i>Sibynomorphus sp.</i> | | 2 |
| Réptil | <i>Sibynomorphus ventrimaculatus</i> | Dormideira | 2 |
| Réptil | <i>Spilotes pullatus</i> | Caninana | 1 |
| Réptil | Tachymenini | Serpente | 2 |
| Réptil | <i>Thamnodynastes hypoconia</i> | Corredeira-carenada | 1 |

| Classe | Espécie | Nome Popular | Total |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|----------------|
| Réptil | <i>Thamnodynastes strigatus</i> | Corredeira-lisa | 5 |
| Réptil | <i>Tomodon dorsatus</i> | Cobra-espada | 3 |
| Réptil | <i>Trachemys dorbigni</i> | Tigre-d'água | 28 |
| Réptil | <i>Trachemys</i> sp. | | 3 |
| Réptil | *Análise pendente | | 2 |
| Total | 21 | | 125 |
| Cordado | *Identificação pendente | | 1 |
| Cordado | **Chordata NI | | 5 |
| Total | | | 6 |
| Total Geral | 71 | | 331**** |

*Análise pendente: em processo de análise de especialistas

**NI: Não foi possível realizar a identificação em nível taxonômico maior que Chordata.

*** Espécies encontradas fora das amostragens, são desconsideradas nas análises de magnitude.

**** Número total considerando as espécies fora de amostragens e exóticos/domésticos.

Sublinhado: Espécies exóticas e/ou domésticas são desconsideradas nas análises de magnitude

Os meses de novembro e dezembro apresentaram maior número de fatalidades, (Figura 2). Com concentração significativa (média do período) em novembro ($p = 6,54E-10$; $Z = 21,14$; $r = 0,28$; $\mu = 317,966^\circ$; IC a 99% $\mu = 295,73^\circ$ a $340,203^\circ$).

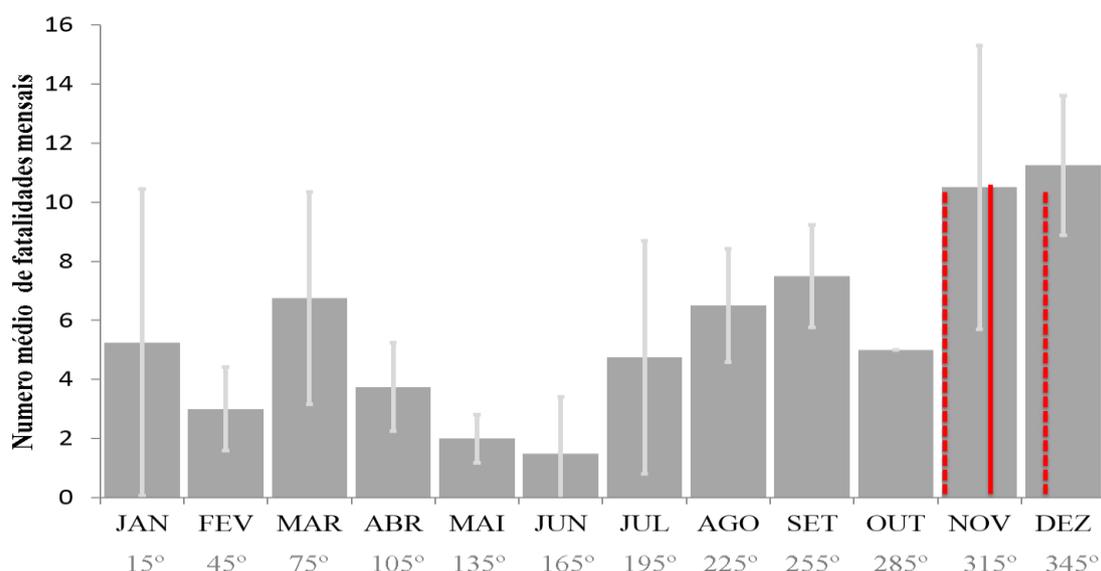
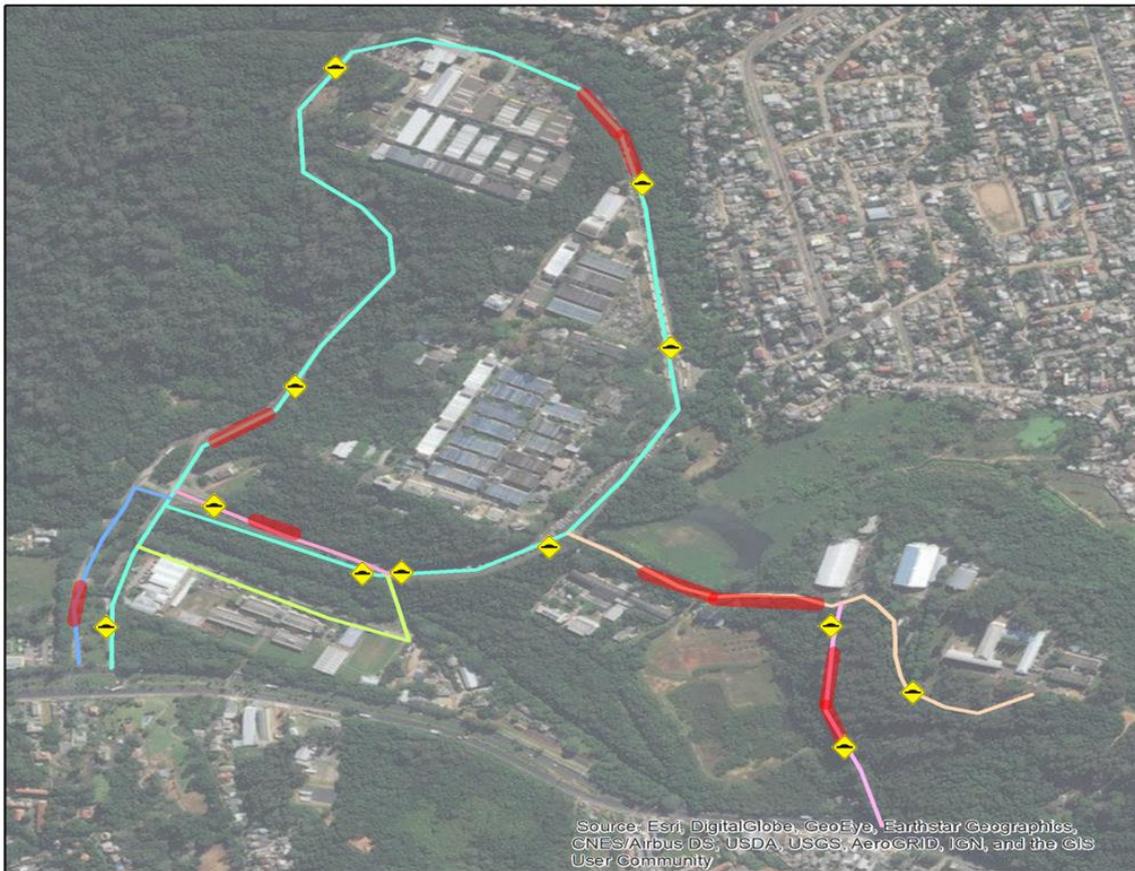


Fig 2. Número médio ($\pm s$) de fatalidades mensais observadas no anel viário do Campus do Vale da UFRGS nos anos de monitoramento completos (2014, 2015, 2016, 2017), sobreposto com o resultado da estatística circular que corresponde às linhas vermelhas tracejadas (IC) e contínua (μ), para esta análise os anos foram transformados em graus (números em cinza).

Identificamos seis zonas de agregações de atropelamentos (*hotspots*) em cinco diferentes segmentos (intervalos de duas intersecções) dos seis analisados (Figura 3).



Segmentos Anel Viário

— Segmento 1 - 2802 m

— Segmento 2 - 286 m

— Segmento 3 - 354 m

— Segmento 4 - 387 m

— Segmento 5 - 465 m

— Segmento 6 - 715 m

Hotspots

Redutores de velocidade

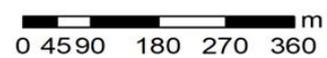


Fig 3. Mapa ilustrando os 06 segmentos (linhas coloridas) do Anel Viário, as zonas de agregação (*hotspots* – traçado vermelho) e os redutores de velocidade. Fonte: adaptado no Google Earth.

O número de fatalidades antes e depois da implementação dos redutores de velocidade não diferiu significativamente para nenhum dos grupos analisados ($p=0,7179$ para não-evasores e $p=0,9068$ grupo evasores) (Figura 4).

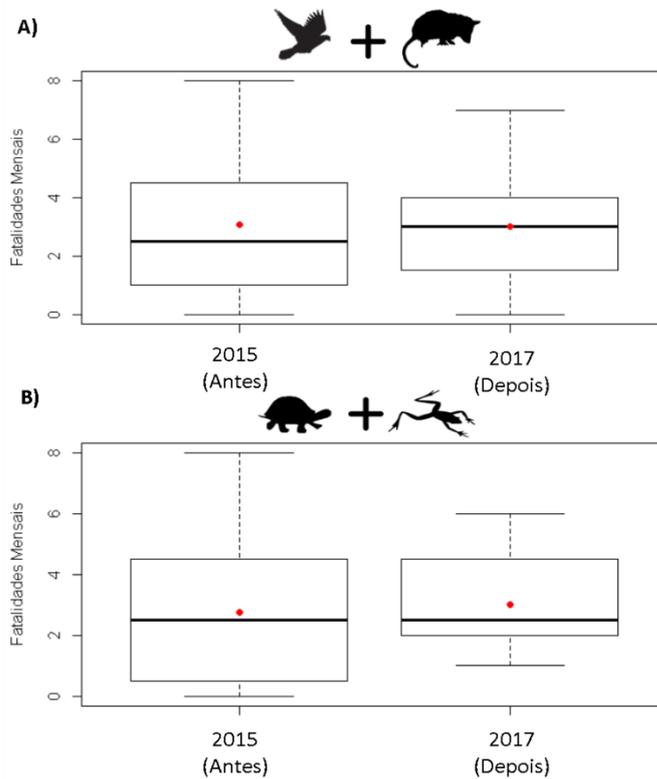


Fig 4. BoxPlot do número de fatalidades mensais do ano anterior (2015) e posterior (2017) da implementação dos redutores de velocidade (2016), para os grupos evasores (A) e não-evasores (B).

Discussão

Este é o primeiro estudo que avalia a mortalidade de fauna por atropelamento em vias locais urbanas no Brasil com múltiplos anos de observação e que considera alguns dos erros de observação inerentes ao monitoramento de fauna atropelada (Coelho et al, *in prep.*). As taxas de fatalidades observadas e estimadas por km/ano são bastante altas (13,53 e 49,45 indivíduos, respectivamente) quando comparadas com outras rodovias da região sul, como por exemplo, 5,52 fatalidades/km/ano na BR-101 (Coelho et al. 2008), 2,52 fatalidades/km/ano na ERS 389 (Coelho et al. 2008) ou outras regiões brasileiras como para o Mato Grosso do Sul onde Fischer (1997) registrou 2,16 fatalidades/km/ano na BR-262. Mesmo assim a mortalidade de fauna é imperceptível aos usuários do Campus do Vale; mesmo observadores atentos foram capazes de detectar apenas 27% das carcaças.

Apesar de o Morro Santana ser uma área verde em um local distante da região central de Porto Alegre (aproximadamente 11 km), está inserido em uma grande metrópole, com grande influência antrópica. Juntamente com a sua condição de mais importante remanescente de vegetação na área mais densamente urbanizada, essa alta taxa de mortalidade também deve estar associada ao elevado fluxo de veículos (4.355 veículos diários durante a semana), superior a algumas rodovias federais, como a BR-101-Sul que possui um tráfego médio diário entre 690 e 2900 veículos, dependendo da localidade (Gonçalves et al. 2018).

Os anfíbios foram o grupo menos registrado (quatro espécies e 21 registros) devido a reduzida detecção com o método de observação utilizado (veículo), sendo recomendado o monitoramento a pé (Teixeira et al. 2013a). Já para os mamíferos (8 espécies e 57 registros) em geral poucas espécies estabelecem populações em habitats urbanizados (Harris et al. 2004). Além disso, as populações de mamíferos em zonas urbanas frequentemente apresentam comportamentos diferentes das populações rurais, incluindo a alteração do período de atividade (McCleery 2010) reduzindo o contato com seres humanos, evitando ao máximo os horários com alto fluxo e conseqüentemente reduzindo os atropelamentos. As aves (38 espécies e 122 registros) e répteis (21 espécies e 125 registros) foram os grupos com os maiores números de registros. As aves são os animais silvestres mais comuns em áreas urbanas (Niemelä 2011), sendo esperado o elevado número de registros. Já os répteis fazem parte do grupo que em geral não evade ou evade tardiamente à aproximação de veículos (Jacobson et al. 2016). Razões adicionais para seu elevado atropelamento são o hábito de termorregulação sobre a pista e o frequentemente atropelamento intencional (Crawford et al. 2016; Secco et al. 2014).

Não conhecemos o tamanho populacional das espécies encontradas atropeladas, também desconhecemos o inventário atualizado de fauna de vertebrados do Morro Santana. Os últimos estudos identificaram 89 espécies de aves (Forneck 2001; Bortolotti 2006) e 22 de mamíferos (Penter et al. 2008). Até então apenas o Gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*) era o único marsupial registrado no Morro Santana (Penter et al. 2008), mas registramos atropelada também a cuíca-anã (*Monodelphis dimidiata*).

As fatalidades possuem uma média semelhante ao longo dos anos e concentrações significativamente maiores em novembro, provavelmente por conta do aumento de movimentos em período quente (Shine et al. 2004; Andrew and Gibbons 2005; Deffaci et al. 2016), principalmente pela predominância nos registros dos répteis que normalmente apresentam esse padrão temporal (Garriga 2017; Gonçalves et al. 2018). Os outros meses de calor (final de dezembro, janeiro e fevereiro) coincidem com o recesso das aulas na universidade, conseqüentemente ocorre uma notável redução no fluxo de veículos.

As agregações de fatalidades em geral coincidem com corredores estruturais de vegetação entre as manchas de remanescentes internas e externas ao anel viário (Figura 1). A instalação de redutores de velocidade não foi planejada para mitigar o impacto de mortalidade dos animais. Alguns redutores estão próximos a zonas de agregações, porém desconhecemos a zona de influência de redução de velocidade veicular decorrentes dessas estruturas. Contudo, ficou evidente que, na disposição atual, os redutores não estão sendo efetivos para reduzir a mortalidade.

Conclusão

Conservação de espécies nativas em ambiente urbano é ainda um desafio para todos e dificilmente é vista como prioridade de ação (Soanes et al. 2018), porém devemos proteger a fauna silvestre em todos os tipos de ambientes, mesmo em zonas mais antropizadas. No Brasil, temos compromisso legal com o meio ambiente (Lei Nº 9.605 de Fevereiro de 1998), assim como compromissos assumidos globalmente (por exemplo, ODS 2015 e Aichi 2010;). Também podemos considerar argumentos éticos, devido a fauna estar sofrendo conseqüências diretas de ações humanas, e ecológicos, por ser um espaço reduzido com pressões constantes devido a urbanização.

As cidades já são habitat para diversas espécies (Soanes et al. 2018) e manter a fauna em área urbana contribui com o serviço ambiental que essas áreas verdes trazem para as cidades, conseqüentemente ao bem estar humano. Para que essa relação seja benéfica tanto para

as pessoas quanto para a fauna nativa, temos que ter planejamento envolvendo diferentes setores, achar soluções criativas (Soanes et al. 2018), como as propostas pelo projeto Macacos Urbanos em Porto Alegre (Teixeira et al. 2013b) e ter conhecimento dos processos biológicos envolvidos nos impactos das infraestruturas antrópicas. O impacto da mortalidade por colisões de veículos pode causar declínios populacionais e mudanças evolutivas mais rápidas em comparação com outros impactos, como a redução da conectividade (Jaeger and Farhig 2004; Jackson and Farhig 2011; Brady and Richardson 2017; Gonçalves et al. 2018).

Em nosso estudo de caso, além do reposicionamento ou ampliação dos redutores de velocidade, é preciso implementar novas estruturas e ações de mitigação e promover a sensibilização do público frequentador do Campus para o atropelamento de fauna. A educação ambiental é um instrumento fundamental para se alcançar melhor qualidade de vida urbana e consciência de cidadania (Ribeiro 1992). Recomendamos a instalação de no mínimo quatro placas chamativas e informativas em diferentes pontos do anel viário. Estudos demonstram que placas convencionais padronizadas possuem uma menor efetividade (Huijser et al. 2015). Outra ação a fim de trazer visibilidade deste impacto pouco conhecido no cotidiano de uma cidade seriam sinalizações horizontais no asfalto, indicando, temporariamente, o local de cada fatalidade em uma abordagem similar à que já ocorre na cidade para alertar fatalidades humanas no trânsito (Fundação Thiago de Moraes Gonzaga).

Concluimos que o monitoramento de fauna atropelada no Campus deverá ter continuidade para avaliar a efetividade das ações propostas. Pela facilidade de acesso e por ter um tamanho reduzido em comparação a rodovias, o anel viário é uma ótima oportunidade de compreender o comportamento das espécies em ambiente urbano e testar métodos de ecologia de rodovias e urbana.

Referências

- Aichi (2010) Aichi Biodiversity Targets. Conference of the Parties. <https://www.cbd.int/doc/nbsap/2010-and-post-2010-national-targets.pdf>. Acessado em 28 de novembro de 2018.
- Andrews KM, Gibbons JW (2005) How Do Highways Influence Snake Movement? Behavioral Responses to Roads and Vehicles. *Copeia* 772–782
- Bíl M, Andrášik R, Janoška Z (2013) Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. *Accident Analysis and Prevention*. *International Journal of Transportation Engineering* 55, 265–273
- Bíl M, Andrásik R, Svoboda T, Sedoník J (2015) The KDE + software: a tool for effective identification and ranking of animal-vehicle collision hotspots along networks. doi: 10.1007/s10980-015-0265-6
- Bortolotti J (2006) Caracterização de Unidades de Manejo (Biótopos) na Futura Unidade de Conservação Ambiental da UFRGS , Porto Alegre , RS – Uma Contribuição com Bases na Ecologia de Paisagem. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BPBES (2018) Relatório sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. <https://www.bpbes.net.br/produto/downloads-diagnostico-brasileiro-sobre-biodiversidade-e-servicos-ecossistemicos/>. Acessado em 22 de novembro de 2018.
- Brady SP, Richardson JL (2017) Road ecology: shifting gears toward evolutionary perspectives. *Front Ecol Environ* 15:91–98. doi: 10.1002/fee.1458
- Brasil (1998) Lei Nº 9.605 de Fevereiro de 1998. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm. Acessado em 28 de novembro de 2018.
- Chiesura A (2004) The role of urban parks for the sustainable city. *Landsc Urban Plan* 68:129–138. doi: 10.1016/j.landurbplan.2003.08.003
- Coelho IP, Kindel A, Coelho AVP (2008) Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *Eur J Wildl Res* 54:689–699. doi: 10.1007/s10344-008-0197-4
- Coelho IP, et al (*in prep*) How to estimate wildlife road-kills? What the eye doesn't see, the heart does grieve over
- Crawford BA, Andrews KM (2016) Drivers' attitudes toward wildlife-vehicle collisions with reptiles and other taxa. *Anim Conserv* 19:444–450. doi: 10.1111/acv.12261
- Cruz ACC da, Margarido TCC (2003) Características reprodutivas de *Didelphis albiventris* Lund, 1840 (Mammalia-Marsupialia) na região metropolitana de Curitiba, Paraná, Brasil. *Arq Ciências Veterinárias e Zool da UNIPAR* 6:. doi: 10.25110/ARQVET.V6I2.2003.804
- Deffaci AC, Silva VP, Hartmann MT, Hartmann PA (2016) Diversidade de aves, mamíferos e répteis atropelados em região de floresta subtropical no sul do Brasil. *Ciência e Nat* 38:1205–1216. doi: 10.5902/2179460X22020

- Fischer WA (1997) Efeitos da BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: síntese naturalística para a conservação da região do Pantanal, MS. Dissertação, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
- Forneck E (2001) Biotopos naturais florestais nas nascentes do arroio dilúvio (Porto Alegre, RS): Caracterização por vegetação e avifauna. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Fundação Thiago de Moraes Gonzaga (1996) Projeto Borboletas pela vida. http://www.vidaurgente.org.br/site/int_projetos-int.php?codigo=94. Acessado em 28 de novembro de 2018.
- Garriga N, Franch M, Santos X, et al (2017) Seasonal variation in vertebrate traffic casualties and its implications for mitigation measures. *Landsc Urban Plan* 157:36–44. doi: 10.1016/J.LANDURBPLAN.2016.05.029
- Gonçalves LO, Alvares DJ, Teixeira FZ, et al (2018) Reptile road-kills in Southern Brazil: Composition, hot moments and hotspots. *Sci Total Environ* 615:. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.053
- Harris S, Yalden D (2004) An integrated monitoring programme for terrestrial mammals in Britain. *Mamm Rev* 34:157–167. doi: 10.1046/j.0305-1838.2003.00030.x
- Hasenack H (2008) Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: geologia, solos, drenagem, vegetação/ocupação e paisagem . Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Porto Alegre
- Huijser MP, Mosler-Berger C, Olsson M, Strein M (2015) Wildlife warning signs and animal detection systems aimed at reducing wildlife-vehicle collisions. In: Rodney van der Ree (ed). *Handbook of Road Ecology*. Chichester, UK, 198–212
- IBGE (2010) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 22 de novembro de 2018
- IBOPE (2018) Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística. Pesquisa Unidades de Conservação. <http://www.ibope.com.br/pt-br/>. Acessado em 22 de novembro de 2018
- Jackson ND, Farhig L (2011) Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. *Biol Conserv* 144:3143–3148. doi: 10.1016/j.biocon.2011.09.010
- Jacobson SL, Bliss-Ketchum LL, De Rivera CE, Smith WP (2016) A behavior-based framework for assessing barrier effects to wildlife from vehicle traffic volume. *Ecosphere* 7:1–15. doi: 10.1002/ecs2.1345
- Jaeger JAG, Farhig L (2004) Effects of Road Fencing on Population Persistence. *Conserv Biol* 18:1651–1657. doi: 10.1111/j.1523-1739.2004.00304.x
- Jones D, Bekker H, van der Ree R (2015) Road ecology in a urbanising world. In: Rodney van der Ree (ed). *Handbook of Road Ecology*. Chichester, UK, 391–396
- Koh LP, Sodhi NS (2004) Importance of reserves, fragments, and parks for butterfly conservation in a tropical urban landscape. *Ecol Appl* 14:1695–1708. doi: 10.1890/03-5269
- Korner-Nievergelt F, Behr O, Brinkmann R, et al (2015) Mortality estimation from carcass

- searches using the R-package carcass — a tutorial. *Wildlife Biol* 21:30–43. doi: 10.2981/wlb.00094
- Kovach W (2004) Oriana para Windows. <https://www.kovcomp.co.uk/oriana/index.html>. Acessado em 28 de novembro de 2018.
- McCleery R (2010) Urban Mammals. In: Aitkenhead-Peterson J, Volder A (eds) *Urban Ecosystem Ecology*. Madison, Wisconsin, USA, pp 87–102
- Mohr F (1995) Zoneamento da vegetação da reserva ecológica do Morro Santana–Porto Alegre, RS: aplicabilidade de geoprocessamento e bases fitossociológicas. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- Motley JL, Stamps BW, Mitchell CA, et al (2017) Opportunistic Sampling of Roadkill as an Entry Point to Accessing Natural Products Assembled by Bacteria Associated with Non-anthropoidal Mammalian Microbiomes. *J Nat Prod* 80:598–608. doi: 10.1021/acs.jnatprod.6b00772
- Niemelä J (2011) *Urban Ecology: patterns, processes, and applications*. Oxford University Press Inc., New York
- ODS (2015) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/Agenda2030-completo-site.pdf. Acessao em 28 de novembro de 2018.
- Penter C, Pedó E, Fabián ME, Hartz SM (2008) Inventário Rápido da Fauna de Mamíferos do Morro Santana , Porto Alegre , RS. *Rev Bras Biociencias* 6:117–125. doi: 10.1016/S0140-6736(13)60688-1
- Ribeiro MA (1992) A crise ambiental urbana brasileira. *Revista Administração Pública* 26:52–80
- RStudio R (2015) *Integrated Development for R*. RStudio, Inc., Boston, MA
- Santos SM, 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:e25383. doi: 10.1371/journal.pone.0025383
- Secco H, Ratton P, Castro E, et al (2014) Intentional Snake Road-Kill: A Case Study using Fake Snakes on a Brazilian Road. *Trop Conserv Sci* 7:561–571. doi: 10.1177/194008291400700313
- Shine R, Lemaster M, Wall M, et al (2004) Why Did the Snake Cross the Road? Effects of Roads on Movement and Location of Mates by Garter Snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). *Ecol Soc* 9:art9. doi: 10.5751/ES-00624-090109
- SMAM (2013) Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Porto Alegre. Áreas Verdes de Porto Alegre. http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smam/default.php?p_secao=283. Acessado em 11 de novembro de 2018
- Soanes K, Sievers M, Chee YE, et al (2018) Correcting common misconceptions to inspire conservation action in urban environments. *Conserv Biol* 0:1–7. doi: 10.1111/cobi.13193
- Teixeira FZ, Coelho AVP, Esperandio IB, Kindel A (2013a) Vertebrate road mortality estimates: Effects of sampling methods and carcass removal. *Biol Conserv* 157:317–323. doi: 10.1016/J.BIOCON.2012.09.006

Teixeira FZ, Printes RC, Fagundes JCG, et al (2013b) Canopy bridges as road overpasses for wildlife in urban fragmented landscapes. *Biota Neotrop* 13:117–123. doi: 10.1590/S1676-06032013000100013

UN (2017) United Nations. World population prospects: Data booklet. *Popul Div* 1–24. <http://www.un.org>. Acessado em 22 de novembro de 2018.

Zar JH (1999) *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Estados Unidos.