

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
INSTITUTO DE BIODIVERSIDADE E SUSTENTABILIDADE

THIAGO DE ASSIS DOMINGOS

ATROPELAMENTOS DE MAMÍFEROS NA RODOVIA BR-101 (NORTE FLUMINENSE) EM PERÍODOS DE PRÉ-PANDEMIA E PANDEMIA DE COVID-19.

MACAÉ
2023

Thiago de Assis Domingos

ATROPELAMENTOS DE MAMÍFEROS NA RODOVIA BR-101 (NORTE FLUMINENSE) EM PERÍODOS DE PRÉ-PANDEMIA E PANDEMIA DE COVID-19.

Trabalho de conclusão de curso apresentado aos avaliadores do curso de Biologia Bacharel em Meio Ambiente da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de bacharel em Biologia.

Orientador: Dr. Pablo Rodrigues Gonçalves
Coorientador: Dr. Helio Secco

MACAÉ

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

CIP - Catalogação na Publicação

d278a de Assis Domingos, Thiago
ATROPELAMENTOS DE MAMÍFEROS NA RODOVIA BR-101
(NORTE FLUMINENSE) EM PERÍODOS DE PRÉ-PANDEMIA E
PANDEMIA DE COVID-19. / Thiago de Assis Domingos.
- Rio de Janeiro, 2023.
36 f.

Orientador: Pablo Rodrigues Gonçalves.
Coorientador: Helio Secco.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto
de Biodiversidade e Sustentabilidade, Bacharel em
Ciências Biológicas, 2023.

1. Antropopausa. 2. Ecologia. 3. Estradas. 4.
Atropelamentos. 5. Mamíferos. I. Rodrigues Gonçalves,
Pablo , orient. II. Secco, Helio, coorient. III.
Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade
INSTITUTO NUPEM/UFRJ



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 24 dias do mês de janeiro de 2023, às 14:00horas, a Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado Ciências Biológicas, ênfase em *Meio Ambiente* da acadêmica **THIAGO DE ASSIS DOMINGOS** (DRE 117215609) analisou o trabalho intitulado ATROPELAMENTOS DE MAMÍFEROS NA RODOVIA BR-101 (NORTE FLUMINENSE) EM PERÍODOS DE PRÉ-PANDEMIA E PANDEMIA DE COVID-19, orientado por **Pablo Rodrigues Gonçalves** e co-orientado por **Helio Secco**. A apresentação e arguição foram realizadas de forma presencial. Após discussões e sugestões, o trabalho foi APROVADO pela banca avaliadora composta por **Pablo Rodrigues Gonçalves** (Presidente), **Gisela B. Sobral de Oliveira** (Titular) e **Clarissa Alves da Rosa** (Titular). Sem mais para o momento, lavra-se a presente ata que vai assinada pela banca examinadora, pela coordenadora da disciplina Projeto em Ciências Biológicas D (MCBK02) e pela coordenadora do Curso de Ciências Biológicas –Bacharelado.

Banca Examinadora

Pablo Rodrigues Gonçalves

Gisela B. Sobral de Oliveira

Clarissa Alves da Rosa

Macaé, 24 de janeiro de 2023.

Coordenadora da Disciplina
Projeto em Ciências Biológicas D

Coordenadora do Curso de Bacharelado
em Ciências Biológicas-M

Av. São José do Barreto, 764, Bairro São José do Barreto,
CEP: 27965-045, Macaé, RJ, Tel: (22) 2141-3982

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente de forma especial a minha mãe, que sempre me incentivou em tudo que fiz na vida, inclusive foi ela quem me incentivou a me mudar para Macaé quando passei para a UFRJ e, é ela quem me mantém aqui na cidade para que eu possa estudar. Além disso, sempre vem a Macaé de São Paulo para me visitar e para me buscar para me levar para São Paulo. Se não fosse por ela, nada disso teria sido possível, e sou muito grato a tudo o que ela faz e fez por mim.

Em segundo, agradeço muito também a minha vó, por estar presente tanto quando ingressei na UFRJ, como também no final. Sempre me incentivou a estudar e, se não fosse por ela também me ajudando a me manter na cidade, eu não teria conseguido terminar a graduação, também sou muito grato a ela.

Em terceiro, agradeço também a meu irmão, que é meu melhor amigo e é uma pessoa que eu sei que posso contar para tudo o que eu precisar, além do seu apoio. Agradeço também à minha família, primo Hércules, Tia Cláudia por sempre estarem me incentivando também. Aproveito para deixar aqui uma lembrança para o meu falecido vó Wladimir, que era uma das pessoas mais sábias que eu conheci na vida e, infelizmente não pôde ver eu me formando como biólogo.

Não podia deixar de prestar uma homenagem também aos meus amigos, que estiveram comigo nessa jornada de 5 anos pela UFRJ, em especial àqueles que me acompanharam do começo ao final da graduação, Hiego, Christian, Acerola e todos meus colegas de 2017.2 que chegaram até o final comigo. Aos meus amigos de infância também que sempre estiveram comigo, Bruno, Matheus, Guilherme, Beto, Arthur e Bernardo. Àqueles que não me acompanharam desde o começo, mas estão super presentes em minha vida, também deixo meu agradecimento, citando alguns como Ana Clara, João Marcello, Guilhermino, Marina, Igor e Lucas.

Deixo também meus agradecimentos aos meu orientador Pablo Rodrigues Gonçalves e meu coorientador Helio Secco, que me guiaram durante meu TCC inteiro e acreditaram no meu potencial como aluno. Ao meu orientador também agradeço por confiar em mim como aluno de iniciação científica e por me incluir em trabalhos de campo, laboratório e por me orientar também em apresentações de simpósio e SIAC. Agradeço também ao Fábio Khaled por me ensinar muito sobre taxidermia e pelos trabalhos em laboratório em conjunto, assim como dos meus colegas de laboratório.

Agradeço à minha primeira orientadora, Malinda Henry, que foi a primeira pessoa a me guiar pelo mundo da ecologia e mastozoologia. Aprendi muito com ela, grande parte da

experiência de campo que obtive durante a graduação, foi sob sua orientação, além dos trabalhos apresentados em congresso, simpósios e SIAC.

Agradeço às empresas Arteris Fluminense e Falco Ambiental, que foram responsáveis pela execução monitoramento de atropelamentos da fauna na rodovia BR-101/Norte RJ e, que sem a concessão dos dados de atropelamentos para esse estudo científico, ele nunca seria possível.

Agradeço também ao CNPQ e à PIBIC-UFRJ que me concedeu uma bolsa de iniciação científica para que eu pudesse realizar esse trabalho desde o final de 2021.

Agradeço também aos avaliadores da banca do Projeto C, Dra. Patrícia Mancini e Dr. Arthur Bauer, que fizeram críticas construtivas e comentários sobre o meu trabalho, os quais me ajudaram no progresso da tese durante o desenvolvimento final.

Agradeço à banca avaliadora final da minha tese de conclusão de curso, Dra. Gisela Sobral, Dra. Clarissa Rosa e Dr. Hudson Lemos pelos comentários pertinentes e pela avaliação final da minha defesa.

RESUMO

Em 2019, a COVID-19 surgiu e, se transmitiu pelo mundo todo, sendo considerada como uma pandemia pela Organização Mundial da saúde (OMS) em março de 2020. Para conter o avanço da doença, países praticaram o isolamento social, reduzindo consideravelmente a circulação humana. Alguns autores têm se referido a este declínio de atividades humanas como “antropopausa”. Apesar de alguns estudos reportarem impactos ambientais positivos, o efeito da antropopausa na taxa de atropelamentos (TA) de animais em estradas brasileiras ainda continua desconhecido. Deste modo, o objetivo do trabalho é avaliar se o isolamento social causado pela pandemia de COVID-19 exerceu algum efeito nos padrões de mortalidade de mamíferos silvestres por atropelamentos na rodovia BR-101/Norte RJ. A hipótese geral é que haveria uma diminuição na circulação de veículos em razão das medidas de isolamento social devido à pandemia de COVID-19, e que isso causaria um menor número de atropelamentos na rodovia BR-101/Norte RJ. Foram monitorados quatro trechos de dez km na rodovia BR-101 localizada nos municípios de Campos dos Goytacazes, Macaé e Casimiro de Abreu, durante os períodos de pré-pandemia (março de 2019 a fevereiro de 2020) e de pandemia (março de 2020 a fevereiro de 2021), para saber a quantidade de atropelamentos, quais espécies que foram atropeladas, comparar os atropelamentos nos quatro trechos, analisar os dados de tráfego rodoviário com base em dados de estação de pedágio e, identificar os fatores que influenciaram na TA. Foram registrados no total 35 atropelamentos de mamíferos, sendo 23 no pré-pandemia e 12 em pandemia. Percebemos uma redução significativa nos atropelamentos durante pandemia, especificamente no terceiro quadrimestre (Nov-Fev) (resultados do teste Wilcoxon $W=179$). Foram identificados dez táxons atropelados (nenhum ameaçado de extinção), sendo duas domésticas (gato e cachorro). A espécie mais atropelada foi o *Didelphis aurita*, seguido pelo ouriço-cacheiro (*Coendou spinosus*). O tráfego rodoviário da BR-101/Norte RJ apresentou uma diminuição significativa ($p<0,05$; $W=192$) somente no primeiro quadrimestre (Mar-Jun), e as variáveis climáticas não foram correlacionadas com a TA ($p>0,05$). Por outro lado, o volume diário médio de veículos na rodovia (VDM) foi significativamente correlacionado de forma positiva com a TA ($r=0,31$; $p= 0,0018$), corroborando nossa hipótese inicial. Assim, vimos que, em geral, durante a antropopausa causada pela pandemia, houve redução nos atropelamentos devido ao declínio de tráfego, embora reduções significativas da TA só tenham sido observadas no terceiro quadrimestre de pandemia, quando o VDM já apresentava valores próximos do observado em período sem pandemia. Este resultado sugere que, apesar de ser importante, o VDM não foi o único fator determinante para a redução da TA durante a

pandemia. Percebemos também que, a variação no número de atropelamentos entre os quatro trechos estudados foi idiosincrática. Essa variação pode ser devida ao ambiente circundante à estrada, que varia de urbano/rural para ambientes florestais mais conservados, e devido à heterogeneidade do tráfego entre os trechos.

Palavras-chave: Antropopausa; Ecologia; Estradas.

ABSTRACT

In 2019, COVID-19 emerged and was transmitted around the world, being considered a pandemic by the World Health Organization (WHO) in March 2020. To contain the spread of the disease, countries practiced social isolation, considerably human circulation. Some authors have referred to this decline in human activities as “anthropause”. Although some studies report positive environmental impacts, the effect of the anthropause on the rate of roadkills (RR) of animals on Brazilian roads is still unknown. Thus, the objective of this work is to evaluate whether the social isolation caused by the COVID-19 pandemic had any effect on the patterns of mortality of wild species by being run over on the BR-101/North RJ highway. The general hypothesis is that there would be a decrease in the circulation of vehicles due to social isolation measures due to the COVID-19 pandemic, and that this would cause a lower number of roadkills being run over on the BR-101/North RJ. Four stretches of ten km on the BR-101 highway located in the municipalities of Campos dos Goytacazes, Macaé and Casimiro de Abreu were monitored during the pre-pandemic (March 2019 to February 2020) and pandemic periods (March 2020 to February 2021), to find out the number of roadkills, which species were run over, compare the roadkills in the four stretches, analyze road traffic data based on toll station data, and identify the factors that influenced RR. A total of 35 roadkills of mammals were recorded, 23 in the pre-pandemic and 12 in the pandemic. We noticed a significant reduction in the roadkills during the pandemic, specifically in the third quarter (Nov-Feb) (Wilcoxon test results $W=179$). Ten roadkill species were identified (none endangered), two of which are domestic (Cat and Dog). The most hit species was *Didelphis aurita*. Road transport on BR 101 showed a significant drop ($p<0.05$; $W=192$) only in the first four months (Mar-June), and climate variables were not correlated with RR ($p>0.05$). On the other hand, the average daily volume of vehicles on the highway (VDM) was significantly positively correlated with RR ($r=0.31$; $p=0.0018$), corroborating our initial hypothesis. Thus, we saw that, in general, during the anthropopause caused by the pandemic, there was a reduction in roadkills due to the decline in traffic, although reductions in the RR were only observed in the third quarter of the

pandemic, when the VDM already showed values close to those observed in period without a pandemic. This result suggests, despite being important, the VDM was not the only determining factor for the reduction of RR during the pandemic. We also noticed that the variation in the number of roadkills over between the four stretches studied was idiosyncratic. This variation can be caused by the environment around the road, which varies from urban/rural environments to more preserved forest environments, and due to the heterogeneity of traffic between sections.

Keywords: Antropopause; Ecology; Roads.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2 METODOLOGIA..... | 16 |
| 3 RESULTADOS..... | 20 |
| 3.1 Espécies de mamíferos registradas..... | 20 |
| 3.2 Variação nos atropelamentos antes e durante a pandemia..... | 21 |
| 3.3 Variação dos atropelamentos por trecho da rodovia..... | 23 |
| 3.4 Relações entre os atropelamentos, tráfego veicular e clima..... | 24 |
| 4 DISCUSSÃO..... | 27 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 32 |

1 INTRODUÇÃO

Em dezembro de 2019, vários casos de pneumonia com causa desconhecida começaram a ser relatados em Wuhan, na China (OPAS, 2020). Pouco tempo depois, em janeiro de 2020, cientistas sequenciaram o material genético de um novo vírus e descobriram que a causa era devido a um novo Coronavírus, chamado SARS-COV-2, causador da COVID-19 (SANAR SAÚDE, 2022; OPAS, 2020). Desde seu aparecimento, esse vírus já atingiu todos os continentes, infectando e causando a morte de milhões de pessoas (OMS, 2022).

Para conter o avanço do vírus nos países contaminados, estratégias de isolamento social e fechamento de comércios e serviços não essenciais foram executadas, assim como a adoção de atividades de ensino e trabalho remotas (KIRILINA, 2020). Em 13 de março, o Ministério da Saúde implementa o isolamento social no Brasil e a quarentena obrigatória para pessoas com COVID-19, que tiveram contato com doentes ou que possuem sintomas (SANAR SAÚDE, 2022). A partir desse momento, o deslocamento das pessoas e as atividades socioeconômicas de um modo geral foram drasticamente reduzidas devido às restrições impostas pelos governos estaduais e municipais, diminuindo, por exemplo, o tráfego rodoviário em todo o país em 33% (ABCR, 2022). Em outras partes do mundo esta redução foi ainda maior, como na Índia e na Grécia, onde o tráfego de veículos chegou a diminuir em 80% e 85%, respectivamente (MACIOSZEK & KUREK, 2021; PATRA et al., 2021).

As paralisações em função da pandemia de COVID-19, que tem causado muitas mortes, danos sociais e econômicos aos humanos, oferecem uma oportunidade única para os cientistas quantificarem os efeitos das atividades humanas na fauna silvestre e, poder assim, entender como os humanos impactam espécies de animais, reformular regras de atividades humanas em unidades de conservação, praias e estradas, e até mudar projetos de cidades (COSTA et al., 2022; MADHOK & GULATI, 2022; PROCKO et al., 2022; RUTZ et al., 2020). Alguns autores têm se referido a este declínio de atividades humanas como “antropopausa”, reportando tanto efeitos negativos quanto positivos à biodiversidade (RUTZ et al., 2020). Têm se observado em inúmeras postagens na internet que, com o isolamento social, animais que antes não eram vistos em ambientes urbanos, se aproveitaram da diminuição temporária das atividades humanas e passaram a transitar por estes locais (MADHOK & GULATI, 2022; RUTZ et al., 2020). Animais urbanos também podem enfrentar desafios para a sobrevivência sem um fornecimento constante de água e alimento (RUTZ et al., 2020).

Nas estradas, os impactos dos atropelamentos nas rodovias durante a antropopausa também foram diferentes em relação a períodos sem pandemia (BÍL et al., 2021; LECLAIR et al., 2021; LOPUCKI et al., 2021). Autores identificaram que, com a redução de tráfego durante a antropopausa, os números de atropelamentos também decaíram (BÍL et al., 2021; LECLAIR

et al., 2021; LOPUCKI et al., 2021). Países como Espanha, onde tiveram maiores reduções de tráfego, também tiveram maiores reduções no número de atropelamentos (chegando a reduzir 42,9%) (BÍL et al., 2021). Países como Noruega e Finlândia, que voltaram aos níveis normais de tráfego mais rapidamente, tiveram menores reduções no número de atropelamentos (reduções de até 25,2% e 14,5% respectivamente) (BÍL et al., 2021). Em Chelm, Polônia, o número de atropelamentos de ouriços (*Erinaceus roumanicus*) caiu de uma média de cinco atropelamentos/local de estudo/ano para dois durante a antropopausa (LOPUCKI et al., 2021). Na Califórnia, EUA, o número de atropelamentos de onças-pardas (*Puma concolor*) chegou a diminuir em até 58%, enquanto os atropelamentos gerais diminuíram em até 21% (SHILLING et al., 2021). Esses resultados mostram uma relação positiva, embora não linear, entre número de atropelamentos e o volume de tráfego (BÍL et al., 2021; LOPUCKI et al., 2021; SHILLING et al., 2021). Apesar destas pesquisas possuírem enorme potencial na identificação e attenuação dos fatores antropogênicos responsáveis por impactos negativos na biodiversidade, os efeitos da antropopausa nos atropelamentos de animais silvestres no Brasil ainda são desconhecidos.

Existem atualmente milhões de quilômetros de estradas no mundo, com previsão de aumentar mais 25 milhões de km até 2050 (DULAC, 2013). O aumento populacional humano, assim como o desenvolvimento por ele produzido, têm aumentado a demanda por desenvolvimento de infraestruturas, como construções de estradas (GIACOBONI et al., 2012), o que faz com que as paisagens sejam drasticamente alteradas, degradadas e fragmentadas (CIOLAN et al., 2017; GAO et al., 2014). Os impactos ambientais gerados para construção de estradas são enormes (GLISTA et al., 2007; SÁSSI et al., 2013), desmata-se áreas enormes para a construção das rodovias, gerando uma perda direta de habitat, porém, também existe a perda indireta de habitat, causada pela fragmentação dos ecossistemas e por toda perturbação relacionada às estradas (DAVEY et al., 2017; GIACOBONI et al., 2012; VASKUNAITÉ et al., 2012). Os atropelamentos vêm se tornando um problema crescente e a mortalidade relacionada à fauna silvestre por atropelamento é considerada o maior impacto relacionado às estradas, podendo em alguns locais ter uma significativa e impactante mortalidade para algumas espécies em nível populacional (AQUINO & NKOMO, 2021; CIOLAN et al., 2017; GLISTA et al., 2007; GRILLO et al., 2021; KELLER & LARGIADER, 2003). No período de 2002 a 2004 por exemplo, houve um aumento de 61% nas estatísticas envolvendo colisões com animais na Austrália (ROWDEN et al., 2008). Em Indiana, EUA, Glista *et al.*, (2007) contabilizaram 9.950 anfíbios e répteis mortos, 360 mamíferos e 205 aves em quatro estradas diferentes entre 2005 e 2006. Taylor *et al.*, (2002) afirmaram que 42% das mortes de onças-pardas da Flórida (*Puma concolor coryi*) são por atropelamento, o que significa uma grande mortalidade adicional. Neste sentido, os atropelamentos podem aumentar o risco de extinção local de espécies já ameaçadas

(GRILLO et al., 2021). Há projeções de que a probabilidade de extinção local de algumas espécies de mamíferos esteja diretamente relacionada aos atropelamentos, que caso não sejam reduzidos, contribuirão significativamente para a extinção delas em 50 anos (GRILLO et al., 2021). Este é o caso lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), do gato-do-mato (*Leopardus tigrinus*), da hiena-parda (*Hyaena brunnea*) e do leopardo (*Panthera pardus*) (GRILLO et al., 2021). Além disso, 124 de 4.677 espécies de mamíferos, em nível global, são consideradas como mais vulneráveis a atropelamentos, sendo 83 delas espécies consideradas ameaçadas ou quase ameaçadas de extinção (GRILLO et al., 2021).

As estradas também causam efeito de barreira, seja pelo animal evitar a estrada ou por barreiras físicas que impedem a travessia, podendo diminuir o intercâmbio genético entre subpopulações de uma espécie (FAHRIG & RYTWINSKI, 2009; JACKSON & FAHRIG, 2011; JAEGER et al., 2005; KELLER & LARGIADER, 2003). O tráfego de veículos e o ruído gerado por eles reduz a qualidade do habitat nas proximidades das estradas (COLE et al., 1997; FAHRIG & RYTWINSKI, 2009). Desta forma, quanto maior a quantidade de tráfego na estrada, mais habitat é efetivamente perdido para a espécie, aumentando o efeito de borda para as espécies sensíveis a esses distúrbios (COLE et al., 1997; FAHRIG & RYTWINSKI, 2009).

Espécies com ciclo de vida mais lento e menores taxas de reprodução, normalmente animais de grande porte, são as mais vulneráveis à mortalidade adicional por atropelamentos, pois ocorrem em densidades mais baixas e possuem maior mobilidade pelo ambiente, o que acaba aumentando o contato deles com as estradas caso eles não as evitem (GRILLO et al., 2021). Por outro lado, espécies que possuem numerosas ninhadas por ano com grandes números de filhotes (no geral pequenos mamíferos) tendem a ter maior resiliência frente à mortalidade causada por este impacto (GRILLO et al., 2021). As espécies de grande porte que evitam estradas também têm maiores problemas do que as de pequeno porte em se manter em ambientes fragmentados pequenos. Isso ocorre porque estas espécies normalmente necessitam de uma área de vida grande e os habitats remanescentes podem não ter tamanho suficiente para sustentar uma população, podendo extinguir localmente a espécie em questão (FAHRIG & RYTWINSKI, 2009). Isso pode favorecer o crescimento populacional de outra espécie que consiga se manter no fragmento (FAHRIG & RYTWINSKI, 2009). Nesse caso, as estradas beneficiaram indiretamente o crescimento populacional de animais que possuem menor área de vida [por exemplo Rytinski e Fahrig (2007)], assim como os carniceiros, que podem ter alimento disponível com frequência devido ao atropelamento de animais, porém, o número de efeitos negativos das estradas sobre a abundância de animais é cinco vezes maior do que a de efeitos positivos (FAHRIG & RYTWINSKI, 2009).

Outro problema relacionado também às colisões com animais está nos danos humanos que essas colisões podem causar, ocasionando vítimas fatais humanas, hospitalizações ou prejuízos materiais e econômicos. Normalmente esses acidentes acontecem com animais de grande porte, já que os pequenos não causam danos aos carros e por vezes, nem são vistos pelos motoristas, assim não tentam desviar bruscamente, o que poderia causar algum acidente (ROWDEN et al., 2008). Ascensão *et al.*, 2021 estimaram os custos em danos aos veículos em Mato Grosso do Sul em decorrência de atropelamentos para animais com mais de um quilograma. Os valores de danos materiais gerados em veículos em um período de três anos foram entre US\$ 4.455.730 e US\$ 5.645.009 (ASCENSÃO et al., 2021).

É importante salientar que para saber se algum efeito negativo particular, como a baixa abundância de animais em alguma área, é por causa da mortalidade devido ao atropelamento ou devido à perturbação do tráfego, são necessários estudos sobre as taxas de mortalidade por atropelamento e estudos sobre respostas comportamentais dos animais em relação ao tráfego nas estradas (FAHRIG & RYTWINSKI, 2009). Se existem apenas informações sobre a distribuição dos animais em relação às estradas, não se pode distinguir entre essas duas causas, já que a abundância dos animais pode ser baixa devido ao atropelamento, mas também devido à evitação dos animais ao ambiente por causa da presença das estradas e tráfego de veículos (FAHRIG & RYTWINSKI, 2009). O monitoramento em estradas também é importante porque com ele, pesquisadores podem conhecer a fauna presente em um local, além de aprender sobre padrões de deslocamento e sazonalidade das espécies da comunidade (CIOLAN et al., 2017). Normalmente os estudos envolvendo atropelamentos de animais utilizam técnicas de observação no qual percorrem as estradas a pé ou em veículos ou ainda podem envolver relatos do público e dados já coletados por empresas administradoras das estradas ou do governo (AQUINO & NKOMO, 2021). A participação do público nas denúncias de atropelamentos tem sido encorajada cada vez mais pelo uso de aplicativos de fácil uso e internet (VERCAYIE & HERREMANS, 2015). Aqui no Brasil, há disponível o aplicativo SISS-Geo da Fiocruz, que é amplamente utilizado para relatar ocorrências de animais silvestres em todo o território nacional, sejam vivos ou mortos (CHAME et al., 2019; FIOCRUZ, 2022).

Dada a importância dos monitoramentos em estradas (AQUINO & NKOMO, 2021; SÁSSI et al., 2013; TEIXEIRA et al., 2017), o impacto que as rodovias causam na fauna (AQUINO & NKOMO, 2021; GRILLO et al., 2021) e a mudança estrutural na sociedade que a pandemia causou, diminuindo circulação de pessoas e tráfego nas rodovias (MACIOSZEK & KUREK, 2021; PATRA et al., 2021), o objetivo geral do trabalho é avaliar se o isolamento social causado pela pandemia de COVID-19 exerceu algum efeito nos padrões de mortalidade de mamíferos silvestres por atropelamentos na rodovia BR-101/Norte RJ. A hipótese geral é

que haveria uma diminuição na circulação de veículos em razão das medidas de isolamento social devido à pandemia de COVID-19, e que isso causaria um menor número de atropelamentos na rodovia BR-101/Norte-RJ. Os objetivos específicos são:

- Identificar a diversidade de espécies acometidas por atropelamento e quantificar os atropelamentos para cada espécie na rodovia BR-101/Norte RJ antes e durante a pandemia.
- Avaliar diferenças na taxa de atropelamentos de mamíferos silvestres entre os períodos antes (março de 2019 a fevereiro de 2020) e durante a pandemia (março de 2020 a fevereiro de 2021).
- Identificar os trechos com maior número de atropelamentos, e caracterizar se os trechos de maior fatalidade continuaram os mesmos antes e durante a pandemia.
- Avaliar se o clima teve influência na taxa de atropelamentos durante os períodos do estudo.
- Correlacionar a taxa de atropelamento de mamíferos ao tráfego rodoviário com base em dados de praças de pedágio nos dois períodos analisados.

2 METODOLOGIA

Os períodos escolhidos para o monitoramento totalizam dois anos, no qual, o primeiro ano (março de 2019 a fevereiro de 2020) foi chamado de “pré-pandemia”, e o segundo ano (março de 2020 a fevereiro de 2021) foi chamado de “pandemia”. Os monitoramentos foram realizados mensalmente em veículos automotores mantendo uma velocidade média de 40 km/h ao longo dos 322 quilômetros de extensão da rodovia. A pandemia de COVID-19 e as medidas de afastamento social não interferiram na frequência das saídas de monitoramento.



Figura 1 - Mapa mostrando a BR-101/RJ Norte e os trechos amostrados no estudo. Os trechos menos conservados estão ao norte, e os mais conservados ao sul.

Para o presente estudo, foram escolhidos quatro trechos de dez km da BR-101/Norte RJ (Figura 1). O primeiro entre os km 0 e 10, em Campos dos Goytacazes (Figuras 1 e 2) é composto por áreas de pasto. O segundo, entre os km 30 e 40, também em Campos dos Goytacazes (Figuras 1 e 3) é caracterizado por somente áreas de pasto. O terceiro, entre os km 160 e 170, no município de Macaé (Figuras 1 e 4) é caracterizado por áreas que variam de urbano/rural para alguns poucos fragmentos florestais. O quarto, entre os km 180 e 190, que fica entre Macaé e Casimiro de Abreu (Figuras 1 e 5) apresenta uma área florestal contínua altamente conservada, já que o trecho passa pela Reserva Biológica da União. Foram escolhidos esses quatro trechos, pois com eles, se pode analisar os atropelamentos em diferentes gradientes de urbanização e conservação de florestas.

Todos os locais escolhidos são trechos de pista simples e sem a presença de barreira divisória entre as pistas de cada sentido na rodovia. Além disso, não possuem medidas de mitigação de atropelamentos, como passagens de fauna e cercas, que poderiam vir a causar um

viés na análise entre períodos antes e depois da instalação das estruturas. A passagem mais próxima fica no km 195 (passagem superior copa-a-copa), a aproximadamente 5 quilômetros do trecho analisado mais próximo (km 190).



Figura 2 - A: Trecho 1 da BR-101/Norte RJ; B: Paisagem ao redor da rodovia composta por pastos.



Figura 3 - A: Trecho 2 da BR-101/Norte RJ; B: Paisagem ao redor da rodovia composta por pastos e poucas áreas urbanas.



Figura 4 - A: Trecho 3 da BR-101/Norte RJ; B: Paisagem ao redor da rodovia composta por pastos e pequenos fragmentos florestais.



Figura 5 - A: Trecho 4 da BR-101/Norte RJ; B: Paisagem ao redor da rodovia composta pela Reserva Biológica da União. Ambiente altamente preservado.

Quando se achava qualquer sinal de carcaças, o carro era parado para verificação. No caso positivo de ser animal atropelado, as informações de localização GPS com coordenadas UTM foram anotadas em planilha e os espécimes identificados taxonomicamente ao nível mais preciso possível. No caso de carcaças de mamíferos silvestres atropelados, mas em bom estado de conservação, os indivíduos eram encaminhados para o Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade (NUPEM-UFRJ) para serem taxidermizados e incorporados na coleção científica ou na exposição artística desta instituição. Amostras biológicas que podem ser usadas em pesquisas genéticas também eram encaminhadas para o NUPEM sob os cuidados do professor doutor Pablo Rodrigues Gonçalves.

Quando era possível a identificação do espécime atropelado, anotava-se a espécie em questão e dados complementares como, sexo e idade. Características estruturais da rodovia e da paisagem no local do atropelamento também eram anotadas e fotografava-se o animal junto do entorno onde a carcaça do mesmo estava. Todos os dados anotados em campo eram posteriormente passados para uma planilha digital.

Para a análise das hipóteses, as planilhas online foram refinadas, selecionando somente os mamíferos atropelados nos trechos do estudo e os atropelamentos registrados no

monitoramento sistematizado de acordo com a metodologia, deixando de fora registros feitos por terceiros. A manipulação das planilhas e confecção de gráficos foram realizadas no Microsoft Excel.

Para saber se o clima teve influência nos atropelamentos, obteve-se dados diários do período do estudo do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de precipitação total, temperatura do ar e de umidade relativa do ar da estação meteorológica de Campos dos Goytacazes para os trechos 1 e 2, e da estação meteorológica de Macaé para os trechos 3 e 4 (INMET, 2022). Para o estudo, esses dados foram organizados em média mensal de umidade relativa do ar e temperatura do ar. Para a precipitação total, os dados diários foram somados para se obter a quantidade acumulada mensal de precipitação. Os dados de tráfego rodoviário, foram obtidos através da empresa que administra a rodovia BR-101 (Arteris Fluminense) na forma de volume diário médio (VDM) de veículos por mês que passam pelas praças de pedágio, ou seja, o número médio de veículos que passava por dia em cada praça de pedágio a cada mês.

Para testar a hipótese de que as taxas de atropelamentos mudaram devido à pandemia, foram feitas comparações pareadas entre quadrimestres fora do período de pandemia (pré-pandemia) e quadrimestres dentro do período de pandemia (pandemia) quanto à taxa média de atropelamentos nos trechos monitorados. A taxa de atropelamentos (TA) foi calculada dividindo-se o número total de atropelamentos por trecho em uma campanha mensal pelo número de dias de monitoramento dessa campanha e pela quilometragem percorrida na campanha (atropelamentos/dia/km). Os períodos foram separados em quadrimestres, pois são períodos em que se percebeu variações sazonais nas taxas de atropelamentos e VDM, além de serem os períodos em que ocorreram as ondas de contaminação de COVID-19 (1^a e 2^a onda): O primeiro quadrimestre entre março e junho, o segundo entre julho e outubro e o terceiro entre novembro e fevereiro.

A significância das diferenças de TA e VDM entre os quadrimestres sem e com pandemia foi estimada pelo teste Mann-Whitney-Wilcoxon. Para testar se a taxa de atropelamento variou em função das condições climáticas e do VDM do período e do trecho, foram calculadas correlações de Pearson da taxa de atropelamento com o VDM, com a temperatura média do ar mensal, com a umidade relativa do ar média mensal e com a precipitação total.

3 RESULTADOS

3.1 Espécies de mamíferos registradas

Foram registrados 35 atropelamentos de mamíferos durante todo o monitoramento, sendo possível a identificação de dez táxons diferentes ao menos no nível de gênero. A espécie mais atropelada foi o gambá-de-orelha-preta (*Didelphis aurita*), com nove atropelamentos (25,71% do total), seguido pelo cachorro-doméstico (*Canis lupus familiaris*) e pelo ouriço-cacheiro (*Coendou spinosus*), ambos com cinco atropelamentos. Não foi possível a identificação de dois morcegos, um roedor e, um outro animal que só foi possível identificá-lo como mamífero. Dos dez táxons que foram possíveis identificar, seis tiveram mais atropelamentos no período pré-pandemia do que durante o período de pandemia. Dois foram atropeladas em taxas iguais e, dois foram mais atropeladas na pandemia do que antes da pandemia (Tabela 1).

Tabela 1. Mamíferos atropelados que foram possíveis de identificar ao menos no nível de gênero nos períodos pré-pandemia (2019) e pandemia (2020) na rodovia BR-101/Norte RJ.

| Táxon | Nome comum | Nº atropelamentos | |
|--|-----------------------|-------------------|----------|
| | | Pré-pandemia | Pandemia |
| Ordem: Didelphimorfia Família: Didelphidae <i>Didelphis aurita</i> | Gambá-de-orelha-preta | 7 | 2 |
| Ordem: Chiroptera Família: Phyllostomidae <i>Artibeus sp.</i> | morcego | 2 | 0 |
| Ordem: Carnivora Família: Canidae <i>Canis lupus familiaris</i> | Cachorro-doméstico | 3 | 2 |
| <i>Cerdocyon thous</i> | Cachorro-do-mato | 1 | 1 |
| Família: Felidae <i>Felis catus</i> | Gato-doméstico | 1 | 1 |

| | | | |
|---|-----------------|----|----|
| Ordem: Rodentia Família: Erethizontidae <i>Coendou spinosus</i> | Ouriço-cacheiro | 4 | 1 |
| Família: Caviidae <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> | capivara | 0 | 1 |
| Ordem: Cingulata Família: Dasypodidae <i>Dasypus</i> sp. | tatu | 1 | 0 |
| <i>Dasypus novemcinctus</i> | Tatu-galinha | 1 | 2 |
| Família: Chlamyphoridae <i>Euphractus sexcintus</i> | Tatu-peba | 1 | 0 |
| Total: | 10 | 21 | 10 |

3.2 Variação nos atropelamentos antes e durante a pandemia

O número de atropelamentos no período de pandemia foi menor do que no período pré-pandemia (Figura 6), sendo 65,71% dos atropelamentos registrados no período de pré-pandemia e, 34,28% dos atropelamentos registrados no período de pandemia, com uma diminuição total de 47,84%. Contudo, quando considerada a variação temporal na TA, constatou-se que houve uma grande variação na taxa de atropelamentos ao longo dos meses de ambos os períodos (Figura 7).

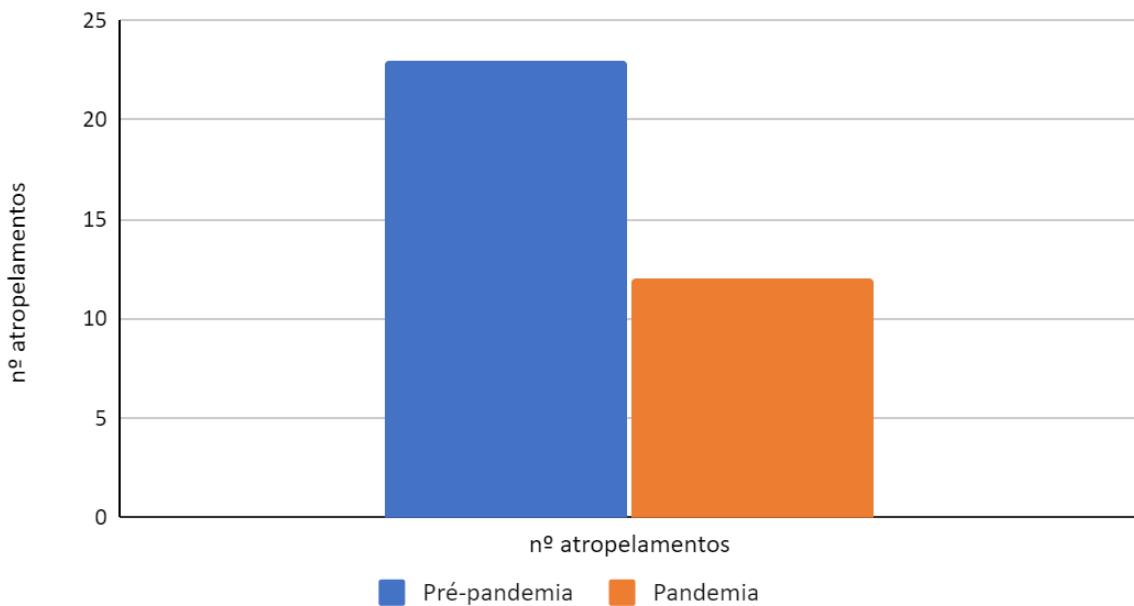


Figura 6 - Comparação da quantidade de atropelamentos no período de pré-pandemia e pandemia.



Figura 7 - Comparação das variações da média mensal (média ± desvio-padrão) na taxa de atropelamentos durante períodos de pré-pandemia e pandemia.

No período pré-pandemia, a TA variou bastante ao longo dos meses, sendo zero em maio e atingindo valor máximo de 0,1 no mês de dezembro. Notamos que a TA tendeu a aumentar durante os meses até dezembro, onde houve uma queda brusca, mas que voltou a aumentar em janeiro, até fevereiro. No período de pandemia, a TA também variou bastante ao longo dos meses, sendo zero em meses no início da pandemia como março e junho, mas também

em outubro, novembro e fevereiro, e atingindo valores máximos de 0,075 nos meses de julho e setembro. No período de pandemia, a TA variou muito mais, e se comportou de maneira bem diferente do período de pré-pandemia. Devido a essa grande oscilação na taxa mensal de atropelamentos dentro de cada período, as diferenças na TA entre os períodos pré-pandemia e pandemia são foram significativas (teste Wilcoxon $W = 1353,5$, $p = 0,06369$).

Considerando a heterogeneidade da TA dentro dos dois períodos, uma análise mais detalhada foi feita comparando os quadrimestres entre os períodos de pré-pandemia e pandemia. A redução da TA no primeiro quadrimestre não foi não significativa (teste Wilcoxon $W = 144$; $p = 0,3878$). No segundo quadrimestre, a TA foi a mesma nos dois períodos (teste Wilcoxon $W = 128$; $p = 1$). Apenas no terceiro quadrimestre, a redução na TA foi significativa (teste Wilcoxon $W = 179$; $p = 0,01954$). (Figura 8).

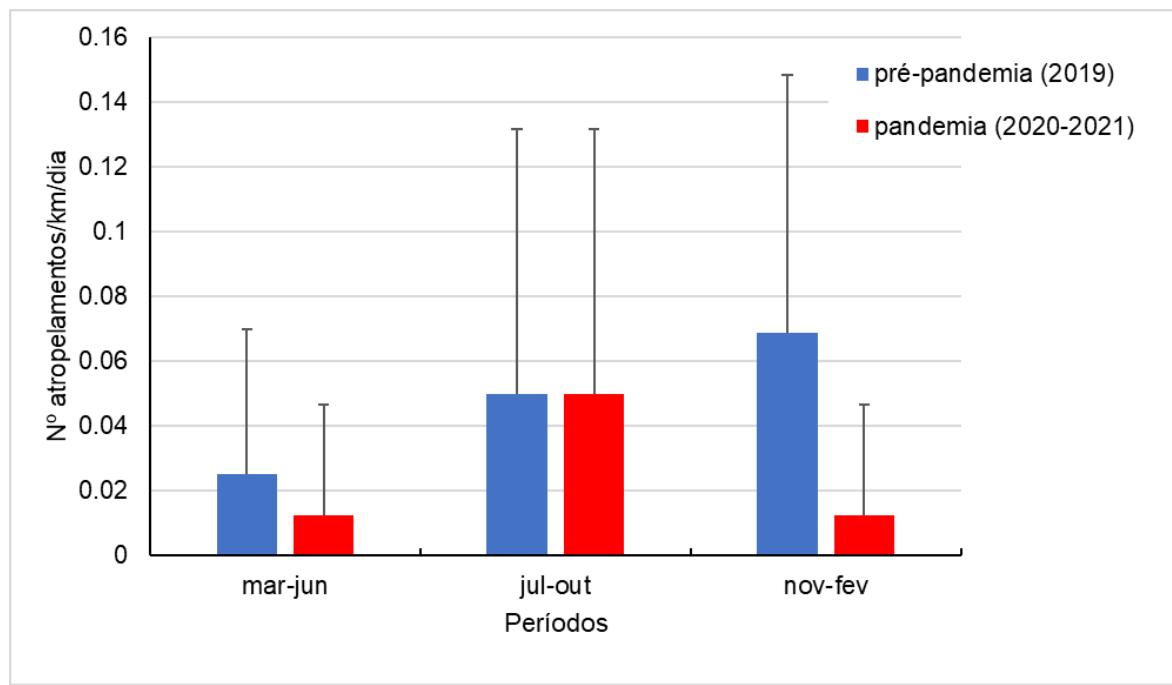


Figura 8 - Diferenças nas taxas de atropelamento (média ± desvio-padrão) por quadrimestre entre os períodos de pré-pandemia e pandemia.

3.3 Variação dos atropelamentos por trecho da rodovia

No período pré-pandemia, foram registrados 23 atropelamentos nos quatro trechos da BR-101 monitorados, sendo dois atropelamentos no primeiro trecho (entre os Km 0 e 10), cinco no trecho 2 (entre o Km 30 e 40), quatro no trecho 3 (entre o Km 160 e 170), e doze no trecho 4 (entre o Km 180 e 190). (Figura 9). No período de pandemia foram registrados 12 atropelamentos nos quatro trechos da BR-101/Norte RJ, sendo um atropelamento no primeiro trecho, um no trecho 2, quatro no trecho 3 e, seis no trecho 4 (Figura 9). O trecho 4, ambiente

em que se passa pela Reserva Biológica da União foi o ambiente com maior número de atropelamentos em ambos os períodos. Comparando os atropelamentos por trecho entre os dois períodos, constatou-se que no trecho 1 e 4, os atropelamentos diminuíram pela metade durante a pandemia e, no trecho 2 diminuíram 80%. No trecho 3, o número de atropelamentos se manteve o mesmo em ambos os períodos.

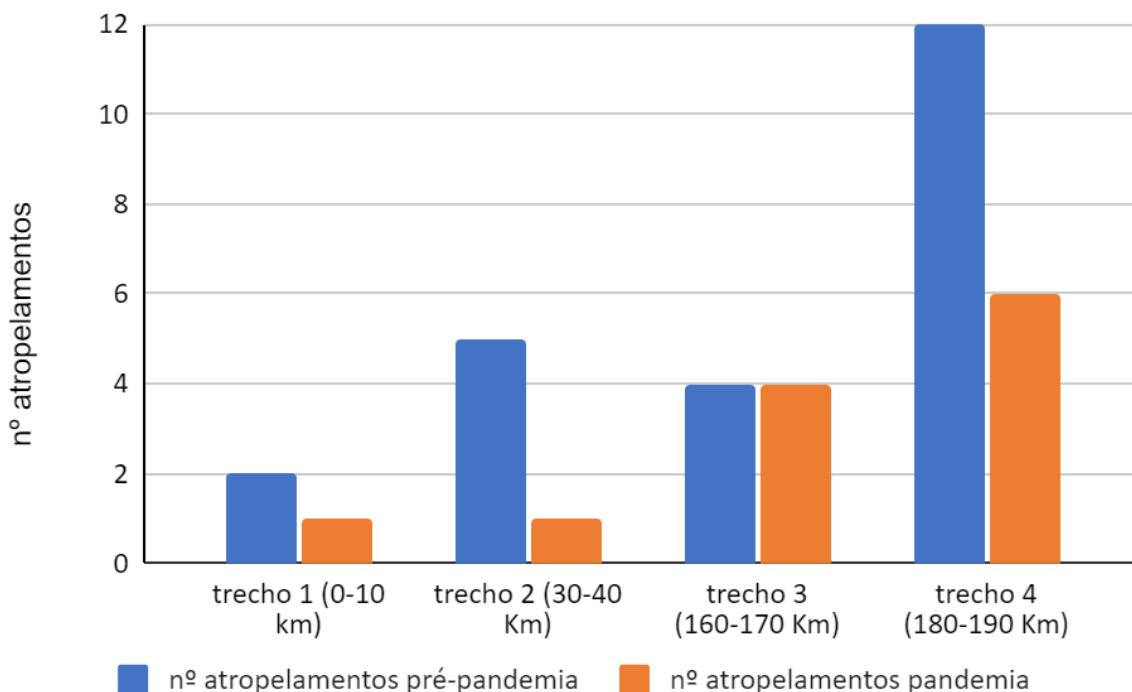


Figura 9 - Atropelamentos por trecho no período pré pandemia e de pandemia.

3.4 Relações entre os atropelamentos, tráfego veicular e clima

Ao observar os dados de temperatura, umidade e precipitação obtidos das estações de clima de Campos dos Goytacazes e Macaé, foi encontrado que o clima não foi um fator que influenciou significativamente na taxa de atropelamentos, pois ao calcular a correlação de Pearson entre as variáveis de clima e taxa de atropelamentos, viu-se que para temperatura e TA ($p = 0,6141$; $r = -0,052$), para umidade e TA ($p = 0,06244$; $r = 0,19$) e, para precipitação e TA ($p = 0,8585$; $r = 0,018$).

Por outro lado, o volume diário médio de veículos (para os pedágios do Km 40 e Km 192) esteve significativamente e positivamente correlacionado com a TA ($r = 0,3131047$; $p = 0,001896$), indicando que a redução no VDM foi acompanhada de uma redução na incidência de atropelamentos. Observando o volume diário médio (VDM) anual de veículos na BR-101/Norte RJ e, considerando somente os dois pedágios mais próximos dos trechos analisados, um pedágio no Km 40 e outro no Km 192, nota-se que o tráfego rodoviário diminuiu na BR-

101/Norte RJ quando comparados os dois períodos, sendo uma diminuição de 5,34% no pedágio do Km 40 e de 13,24% no pedágio do Km 192 (Figuras 10 e 11). Considerando o volume diário médio anual de veículos em todos os pedágios da BR-101, também houve uma diminuição em 2020 quando comparado a 2019, sendo uma diminuição de 8,29% (Figura 11). Comparando os períodos de pré-pandemia e pandemia por quadrimestres, houve uma redução significativa no VDM no primeiro quadrimestre de pandemia (teste Wilcoxon $W = 192$; $p = 0,01654$) e, no segundo e terceiro quadrimestre, o VDM não mudou significativamente (teste Wilcoxon $W = 140$; $p = 0,6642$) (Figuras 8 e 10).

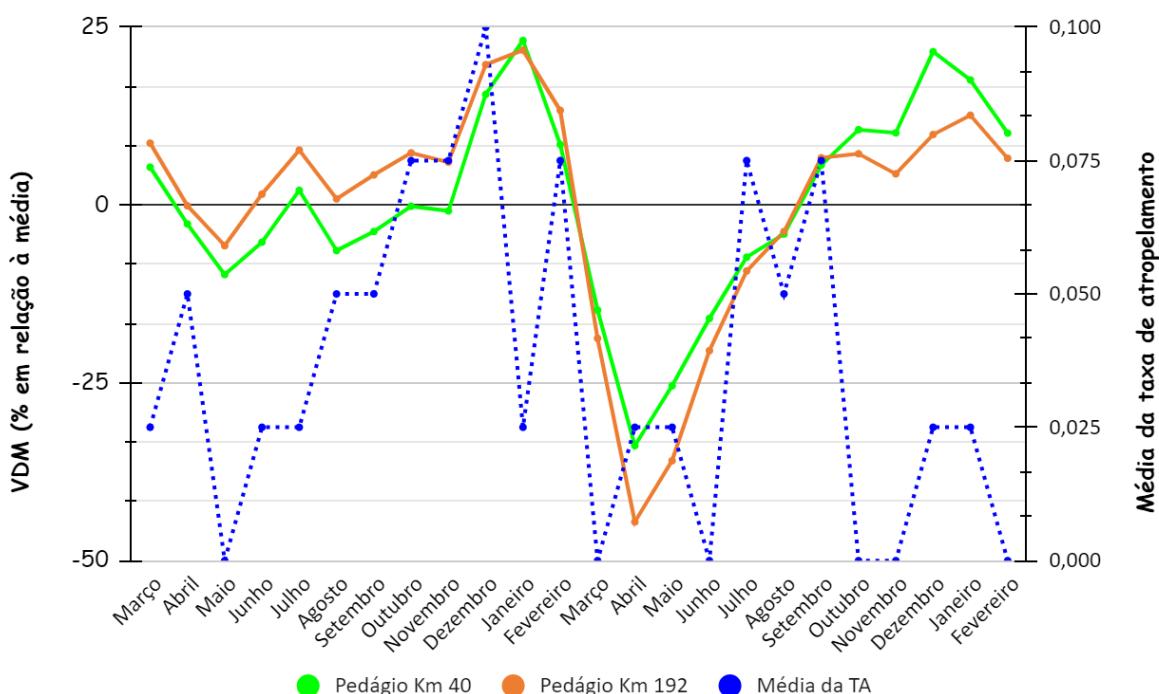


Figura 10 - Comparaçao entre VDM e TA ao longo dos períodos de pré-pandemia (2019) e pandemia (2020).

Os resultados sobre a variação de VDM contrastam com o que foi observado sobre a redução na TA por quadrimestre entre os dois períodos. Foi identificado diferenças significativas na TA no terceiro quadrimestre dos dois períodos (entre novembro e fevereiro) (Figura 8), mas não se observou mudanças significativas de VDM neste período (Figura 11). Do mesmo modo, a TA não diminuiu significativamente ($p = 0,3878$) quando o tráfego diminuiu significativamente ($p < 0,05$) no primeiro quadrimestre do ano (entre março e junho). Ainda assim, foi possível identificar uma correlação positiva entre atropelamentos e tráfego ($p < 0,05$), provavelmente devido ao declínio sincronizado destes dois parâmetros no primeiro quadrimestre da pandemia (Figura 10).

No período de pré-pandemia, o VDM e a TA parecem estar bem relacionados. Quando o VDM aumenta, há um aumento subsequente na TA, exceto pelo mês de dezembro. No começo do período de pandemia, notou-se esse mesmo comportamento do VDM e da TA, porém, esse comportamento ocorreu de forma inversa no terceiro quadrimestre do ano, onde aumentos no VDM ocasionaram uma diminuição brusca na TA (Figura 10).

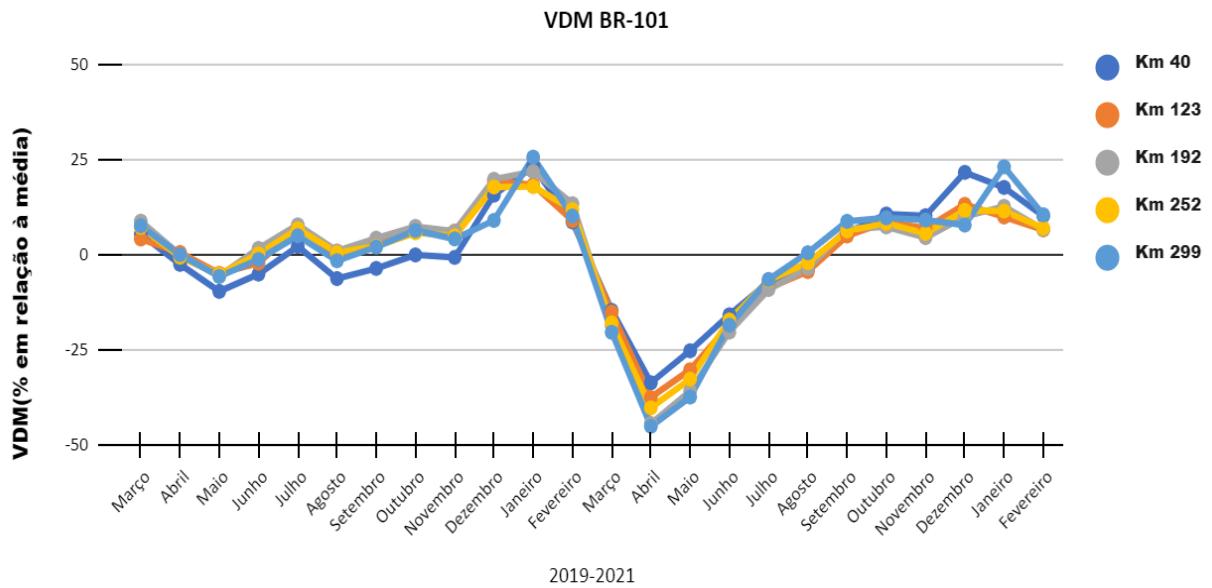


Figura 11 - Porcentagem do VDM mensal em relação à média de VDM para o período total de cada pedágio.

4 DISCUSSÃO

No presente estudo, verificou-se que houve uma diminuição no número de atropelamentos durante o período de pandemia quando comparado ao período de pré-pandemia (Figuras 6 e 9), corroborando com resultados de outros estudos (BÍL et al., 2021; LECLAIR et al., 2021; LOPUCKI et al., 2021; SHILLING et al., 2021). Houve também uma correlação significativa entre esta redução de atropelamentos e a diminuição no tráfego de veículos com o início da pandemia. Outros autores também correlacionaram a diminuição de atropelamentos durante a antropausa com a diminuição do tráfego, como Shilling *et al.*, (2021) em estradas dos EUA, Bíl *et al.*, (2021) também identificaram uma correlação positiva entre a taxa de atropelamentos e o tráfego, e observaram que a TA diminuiu mais nos países que tiveram bloqueios de circulação mais severos e por mais tempo. Leclair *et al.*, (2021) também identificaram diminuição na taxa de atropelamentos de veados de cauda branca (*Odocoileus virginianus*) com o início da pandemia, mas registraram um aumento na TA entre 2020 e 2021, quando o tráfego voltou a subir para níveis mais próximos do normal.

As relações entre a taxa de atropelamentos e o tráfego de veículos podem ser complexas. No presente estudo, a TA foi significativamente mais baixa somente no terceiro quadrimestre, quando o VDM não teve diferença significativa entre os períodos (Figura 8). Foi visto que, a taxa de atropelamentos diminuiu muito mais durante a antropausa do que o tráfego, assim como verificado também por Lopucki *et al.*, (2021) e Bíl *et al.*, (2021). Considera-se que por serem amostragens mensais, possivelmente carcaças de animais pequenos foram perdidas e o número de atropelamentos destes animais foi maior do que o registrado, já que são menos detectáveis pelos observadores e também possuem menor tempo de permanência na estrada, e podendo ser retiradas por carniceiros/eventos climáticos, ou decompostas antes do registro (GLISTA et al., 2007).

Ao contrário da maioria do que a maioria dos estudos apontam, um trabalho realizado na Romênia com animais atropelados verificou que o tráfego rodoviário não teve correlação significativa com a diversidade e quantidade de animais atropelados nas estradas (CIOLAN et al., 2017). Foi demonstrado que, para alguns táxons, os atropelamentos ocorrem em maior quantidade de acordo com a estação do ano independentemente do tráfego de veículos (CIOLAN et al., 2017). Espécies que, por exemplo, estão em época reprodutiva ou em dispersão, foram mais atropeladas (CIOLAN et al., 2017). Porém, os resultados deste trabalho demonstraram que o clima não teve interferência significativa na taxa de atropelamentos em nenhum momento ($p>0,05$).

O que poderia explicar as incongruências entre a TA e o VDM pode ser o que se chama de comportamento de repulsa dos animais em relação à via (JAEGER et al., 2005). Existem

algumas respostas dos animais em relação às estradas e ao tráfego, que seriam: evitar a estrada seja de modo comportamental ou por barreiras físicas que impeçam a travessia, evitar as perturbações relacionadas ao tráfego, ter atração pela estrada, por exemplo, serpentes que vão para o asfalto para se esquentar e, não ter medo de atravessar as estradas (JAEGER et al., 2005; SULLIVAN., 1981). Em uma revisão feita por Medrano-Vizcaíno *et al.*, (2022), eles afirmam que os mamíferos mais afetados por atropelamentos são os que possuem médio porte, hábitos diurnos, movimentos lentos, áreas de vida menores, taxas reprodutivas mais altas, e são mais generalistas.

Na análise dos dados deste trabalho, foi visto que nos meses que apresentaram os maiores tráfegos (entre dezembro e fevereiro de 2019/2020 e 2020/2021), os atropelamentos reduziram abruptamente. Evitar o tráfego e o ruído gerado por ele reduz a qualidade do habitat nas proximidades das estradas. Este pode ser o fator desencadeador do comportamento repulsa, de modo que quanto maior a quantidade de veículos trafegando na estrada, mais habitat é efetivamente perdido para a espécie, criando um efeito de borda para as espécies afetadas (FAHRIG e RYTWINSKI, 2009). Assim, pode-se supor que, a partir de determinado limiar do VDM, os animais que normalmente tentariam atravessar as estradas, passam a evitá-las e, não tentam atravessá-la, causando uma diminuição na TA por reflexo dessa adaptação comportamental. Portanto, é possível que o aumento no VDM meses depois do início da pandemia, conforme o relaxamento das medidas de isolamento, tenha gerado este tipo de resposta comportamental nos animais. A mudança ambiental que os animais experimentaram durante 2020 teria sido única neste sentido, pois no início de 2020 o VDM era o mais baixo historicamente, e já no final de 2020, o VDM havia retomado valores tão altos quanto do período pré-pandemia em um curto espaço de tempo.

Percebeu-se também que o número de atropelamentos nos quatro trechos estudados teve algumas variações. Essa variação pode ser devida ao ambiente circundante à estrada, que varia de urbano/rural (trecho 1 e 2) para ambientes com alguns fragmentos florestais (trecho 3), para ambientes florestais bem conservados (Reserva Biológica da União no trecho 4), e devido à heterogeneidade do tráfego entre os trechos. Considerando os dois períodos do estudo, registrou-se mais atropelamentos nos trechos que tinham fragmentos florestais e áreas preservadas (trecho 3 e 4). Embora no período de pré-pandemia, o trecho 2 tenha tido um atropelamento a mais do que no trecho 3, o número total de atropelamentos no trecho 2 foi menor no período de pandemia e nos dois períodos somados do que no trecho 3. Alguns estudos encontraram o oposto dos resultados deste trabalho, os quais mostraram que os atropelamentos eram maiores em áreas abertas, pastagens e ecótonos entre áreas naturais e urbanizadas (LIN, 2016; MEDRANO-VIZCAÍNO *et al.*, 2022).

A mortalidade por atropelamentos é o maior impacto das rodovias na fauna silvestre (AQUINO & NKOMO, 2021; GRILLO et al., 2021). Morrem milhares de animais por ano atropelados (CIOLAN et al., 2017; FAHRIG & RYTWINSKI, 2009; GLISTA et al., 2007; GRILLO et al., 2021; ROWDEN et al., 2008; RYTWINSKI & FAHRIG, 2007; SÁSSI et al., 2013) e, existem vários fatores que podem influenciar na quantidade de atropelamentos, como largura da rodovia, corpos d'água adjacentes às estradas, tráfego de veículos e velocidade máxima permitida (BARTONICKA et al., 2018; CLARKE et al., 1998; GLISTA et al., 2007; TAYADE et al., 2019). A previsão é de que, só na América Latina, mais de cinco milhões de mamíferos são atropelados todos os anos (MEDRANO-VIZCAÍNO et al., 2022). Durante a antropopausa, tivemos a oportunidade de ver como a dinâmica de atropelamentos se comportaria mediante a uma possível redução de tráfego mundial, além de outros fatores como comportamento animal e clima (ESTELA et al., 2021; JASINSKA et al., 2022; MADHOK & GULATI, 2022; PROCKO et al., 2022; WYCZE et al., 2021).

Durante a antropopausa, a dinâmica ambiental entre humanos e natureza mudou muito e de forma brusca, assim, muitos estudos foram feitos nesse período para avaliar como a antropopausa interferiu nessa dinâmica. Na Índia, por exemplo, pesquisadores identificaram espécies de aves que mudaram seus hábitos e passaram a aparecer em cidades onde nunca eram vistas e espécies que permaneciam nas cidades por um período maior durante o bloqueio, possivelmente devido às reduções na poluição do ar e sonora (MADHOK & GULATI, 2022). Pesquisadores também viram que, a presença de humanos em praias usadas para recreação, é o principal impacto para a espécie de caranguejo *Ocypode quadrata*, pois, na ausência de pessoas durante o período de pandemia, a abundância dessa espécie aumentou mesmo nas praias mais urbanizadas (COSTA et al., 2022). Corços (*Capreolus capreolus*) também mudaram seus padrões de atividade diária durante o confinamento na Polônia e passaram a ser mais ativos durante o dia em florestas urbanas e, mamíferos como pumas (*Puma concolor*) e veados-de-cauda-preta (*Odocoileus hemionus*) mudaram suas áreas de atividade em áreas protegidas de Vancouver durante o fechamento das visitações (JASINSKA et al., 2022; PROCKO et al., 2022). Com a antropopausa, mudanças na composição da atmosfera também foram detectadas, como no Reino Unido por exemplo, com uma drástica diminuição de dióxido de nitrogênio e um aumento na concentração de Ozônio (WYCZE et al., 2021).

Na construção de um projeto de estrada, este pode ser altamente impactante ao ambiente (DAVEY et al., 2017). Assim, é importante que bons modelos ecológicos sejam incorporados nos programas de desenvolvimento de modelos ótimos de estradas, para que assim, os projetistas possam chegar a um modelo satisfatório economicamente, ambientalmente e socialmente (DAVEY et al., 2017). Com isso, menos gastos terão que ser feitos com medidas

mitigatórias futuramente. É importante que se façam estudos sobre a biodiversidade local antes da construção de uma estrada, para que o projeto a ser adotado na construção de uma estrada seja menos impactante para a fauna local e medidas mitigadoras já sejam adotadas durante a construção da rodovia (AQUINO & NKOMO, 2021; BARTONICKA et al., 2018; GIACOBONI et al., 2012). Se estudos sobre mortalidade nas estradas não forem devidamente investigados, as medidas mitigadoras são menos propensas a abordar eficientemente a diminuição nos atropelamentos (CIOCHETI et al., 2017).

As passagens de vida selvagem são a solução mais recomendada e empregada para diminuir os impactos por atropelamento e de efeito barreira gerado pelas rodovias e elas são usadas desde a década de 1970 (BOROWA et al., 2021; NIEMI et al., 2014). Existem três principais tipos de dispositivos de travessia de fauna que são utilizadas para mitigação: passarela superior, inferior e de nível (GIACOBONI et al., 2012; NIEMI et al., 2014). O projeto a ser utilizado e as características da passagem, como vegetação por exemplo, vai depender principalmente das espécies-alvo que se pretenda proteger (NIEMI et al., 2014). A construção dessas passagens tira a necessidade de os animais terem de atravessar a estrada pelas pistas, interligando dois habitats que antes estavam separados por essa barreira (AQUINO & NKOMO, 2021). Alguns países estão bem avançados em medidas mitigadoras, estima-se que, por exemplo, na Polônia foram construídas mais de quatro mil passagens para animais silvestres entre 1996 e 2016 (BOROWA et al., 2021). Algumas estradas brasileiras contam com passagens para faunas, como na BR-471, na BR-448 que possui muitos projetos de construção de passa fauna, e na SP-225 (CIOCHETI et al., 2017; GIACOBONI et al., 2012). Algumas delas, como SC-401 e BR-101, foram construídas passagens como medidas compensatórias devido à duplicação da rodovia (GIACOBONI et al., 2012). A BR-101 especificamente se tornou um importante estudo de caso no Brasil, pois ela é a rodovia federal que possui maior concentração de passagens para fauna (média de 1 estrutura de travessia a cada 0,5 km aproximadamente) ao longo de um dos seus trechos contendo 71 km de extensão que passa pela Reserva Biológica União, Reserva Biológica Poço das Antas e APA da Bacia do Rio São João, contendo 15 passagens subterrâneas, dez aéreas do tipo copa-a-copa, 11 adaptações sob vãos de pontes, e um viaduto vegetado (ARTERIS FLUMINENSE, 2023). Estas 37 passagens estão contribuindo para a conservação das espécies locais, pois conectam fragmentos e permitem uma passagem segura para os animais para o outro lado da rodovia (AQUINO & NKOMO, 2021). Monitoramentos de estradas como o do presente estudo são de grande importância para que as medidas mitigadoras se tornem cada vez mais eficientes em rodovias de todo o país, visando atenuar os impactos que a rodovias causam sobre populações de animais silvestres.

5 CONCLUSÃO

O número reduzido de atropelamentos durante a antropopausa provavelmente fez com que muitos dos animais que seriam atropelados em rodovias de todo o mundo, sobrevivessem e, possivelmente, a população das espécies que sofrem com atropelamento tivessem um aumento e até um melhor intercâmbio genético entre subpopulações. Embora essa diminuição na TA não tenha sido proposital, esta pode ter sido uma das maiores ações de conservação já feitas no mundo, já que milhões de animais deixaram de ser atropelados (SHILLING et al., 2021). Logo, pode se aprender sobre os padrões de atropelamentos e comportamento dos animais com estes estudos e propor soluções que mitiguem a mortalidade animal nas estradas, assim como melhorar a segurança para os humanos que dependem desse modal para escoamento de produtos e matérias-primas, além do deslocamento de pessoas.

REFERÊNCIAS

- ABCR- Associação brasileira de concessionária de rodovias. **Índice ABCR Brasil.** Brasil, 2022. Disponível em: <https://abcr.org.br/indice/indice-abcr-do-mes>. Acesso em: 29 jun. 2022.
- AQUINO, A. G.; NKOMO, S. 'phumelele Lucky. Spatio-temporal patterns and consequences of road kills: a review. **Animals**, Suíça, v. 11, n. 3, p. 799, 2021.
- ARTERIS FLUMINENSE. **Apresentação Nossas rodovias/fluminense.** Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.arteris.com.br/nossas-rodovias/fluminense/apresentacao/>. Acesso em: 30 jan. 2023.
- ASCENSÃO, F. *et al.*, Preventing wildlife roadkill can offset mitigation investments in short-medium term. **Biol. Conserv.** Holanda, v. 253, p. 108902, 2021.
- BARTONICKA, T. *et al.*, Identification of local factors causing clustering of animal-vehicle collisions. **J. Wildl. Manag.** EUA, v. 82, n. 5, p. 940-947, 2018.
- BÍL, M. *et al.*, COVID-19 related travel restrictions prevented numerous wildlife deaths on roads: A comparative analysis of results from 11 countries. **Biol. Conserv.** Holanda, v. 256, p. 109076, 2021.
- BOROWA, E. B. *et al.*, The impact of equipments of animal passages on their efficiency. **Roads Bridges - Drogi Mosty.** Polônia, v. 20, n. 4, p. 379-396, 2021.
- CHAME, M. *et al.*, SISS-geo: leveraging citizen science to monitor wildlife health risks in Brazil. **J. Healthc. Inform. Res.** Suíça, v. 3, n. 4, p. 414-440, 2019.
- CIOCHETI, G. *et al.*, Highway widening and underpass effects on vertebrate road mortality. **Biotropica**, EUA, v. 49, n. 6, p. 765-769, 2017.
- CIOLAN, E. *et al.*, Wooded area, forest road-killed animals: Intensity and seasonal differences of road mortality on a small, newly upgraded road in western Romania. **Transp. Res. D. Transp. Environ.** Inglaterra, v. 55, p. 12-20, 2017.
- CLARKE, G. P.; WHITE, P. C.L.; HARRIS, S.. Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south-west England. **Biol. Conserv.** Holanda, v. 86, n. 2, p. 117-124, 1998.
- COLE, E. K.; POPE, M. D.; ANTHONY, R. G. Effects of road management on movement and survival of Roosevelt elk. **J. Wildl. Manag.** EUA, p. 1115-1126, 1997.
- COSTA, L. L. *et al.*, Recovery of ghost crabs metapopulations on urban beaches during the Covid-19 “anthropause”. **Mar. Environ. Res.** Holanda, v. 180, p. 105733, 2022.
- DAVEY, N.; DUNSTALL, S.; HALGAMUGE, S. Optimal road design through ecologically sensitive areas considering animal migration dynamics. **Transp Res Part C Emerg Technol**, Holanda, v. 77, p. 478-494, 2017.

DULAC, J. **Global land transport infrastructure requirements.** Paris: I. E. A. França, v. 20, p. 2014, 2013.

ELOFF, P.; VAN NIEKERK, A. **Temporal patterns of animal-related traffic accidents in the Eastern Cape, South Africa.** S. Afr. j. wildl. Res. África do Sul, v. 38, n. 2, p. 153-162, 2008.

ESTELA, F. A. *et al.*, **Changes in the nocturnal activity of birds during the COVID-19 pandemic lockdown in a neotropical city.** Anim. biodivers. Conserv. Espanha, v. 44, n. 2, p. 213-217, 2021.

FAHRIG, L.; RYTWINSKI, T. **Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis.** Ecol. Soc, Canadá, v. 14, n. 1, 2009.

FALCO AMBIENTAL. **Programa de Proteção à Fauna PMMAF – Programa de Monitoramento e Mitigação do Atropelamento de Fauna. Relatório Anual de Acompanhamento do Programa de Monitoramento e Mitigação do Atropelamento de Fauna da Rodovia BR-101/RJ, junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) – Concessionária ARTERIS Fluminense.** Brasil, 2022.

FIOCRUZ-CISSL, SISS-GEO **Sistema de informação,** Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.biodiversidade.ciss.fiocruz.br/apresenta%C3%A7%C3%A3o-0>. Acesso em: 29 jun. 2022.

GAO, L. *et al.*, **Road network impacts on wildlife animals: A simulation study.** IEEE, EUA. p. 430-432, 2014.

GIACOBONI, S. F.; KÖHLER, A.; DA COSTA, A. B. **Utilização de passa-fauna em rodovias no Estado do Rio Grande do Sul-Brasil.** Caderno de Pesquisa UNISC, Brasil, v. 24, n. 3, 2012.

GLISTA, D. J.; DEVAULT, T. L.; DEWOODY, J. A. **Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians.** Herpetol Conserv Biol, EUA, v. 3, n. 1, p. 77-87, 2007.

GRILLO, C. *et al.*, **Conservation threats from roadkill in the global road network.** Glob Ecol Biogeogr, Inglaterra v. 30, n. 11, p. 2200-2210, 2021.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos.** Brasil, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 24/11/2022.

JACKSON, N. D.; FAHRIG, L. **Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity.** Biol. Conserv. Holanda, v. 144, n. 12, p. 3143-3148, 2011.

JAEGER, J. A. *et al.*, **Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior.** Ecol. Model. Holanda, v. 185, n. 2-4, p. 329-348, 2005.

- JASIŃSKA, K. D. *et al.*, Changes in roe deer (*Capreolus capreolus*) daily activity patterns in Warsaw during the COVID-19 pandemic. *Eur. zool. J. Reino Unido*, v. 89, n. 1, p. 870-876, 2022.
- KELLER, I.; LARGIADER, C. R. Recent habitat fragmentation caused by major roads leads to reduction of gene flow and loss of genetic variability in ground beetles. *Proc Biol Sci*, Inglaterra, v. 270, n. 1513, p. 417-423, 2003.
- KIRILINA, N. Changes of traffic mobility and road traffic injuries in Moscow during lockdown. *Rev. Incl. Chile*, p. 285-308, 2020.
- LECLAIR, G. *et al.*, Influence of the COVID-19 pandemic on amphibian road mortality. *Conserv. sci. Pract.* Estados Unidos, v. 3, n. 11, p. e535, 2021.
- LIN, S. C. Landscape and traffic factors affecting animal road mortality. *J. environ. eng. landsc. Manag.* Lituânia, v. 24, n. 1, p. 10-20, 2016.
- ŁOPUCKI, R. *et al.*, How is wildlife affected by the COVID-19 pandemic? Lockdown effect on the road mortality of hedgehogs. *Animals*. Suíça, v. 11, n. 3, p. 868, 2021.
- MACIOSZEK, E.; KUREK, A. Extracting road traffic volume in the city before and during COVID-19 through video remote sensing. *Remote Sensing*, Suécia, v. 13, n. 12, p. 2329, 2021.
- MADHOK, R.; GULATI, S. Ruling the roost: Avian species reclaim urban habitat during India's COVID-19 lockdown. *Biol. Conserv.* Holanda, p. 109597, 2022.
- MCGREGOR, R. L.; BENDER, D. J.; FAHRIG, L. Do small mammals avoid roads because of the traffic?. *J Appl Ecol.* Reino Unido v. 45, n. 1, p. 117-123, 2008.
- MEDRANO-VIZCAÍNO, P. *et al.*, Roadkill patterns in Latin American birds and mammals. *Glob. Ecol. Biogeogr.* Reino Unido, v. 31, n. 9, p. 1756-1783, 2022.
- NIEMI, M. *et al.*, Dry paths effectively reduce road mortality of small and medium-sized terrestrial vertebrates. *J. Environ. Manage.* Reino Unido, v. 144, p. 51-57, 2014.
- OMS-Organização mundial da Saúde. **WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard**. 2022. Disponível em: <https://covid19.who.int/>. Acesso em: 29 jun. 2022
- OPAS-Organização Pan-Americana da saúde. **Histórico da pandemia de COVID-19**. 2020. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>. Acesso em: 29 jun. 2022
- PATRA, S. S.; CHILUKURI, B. R.; VANAJAKSHI, L. Analysis of road traffic pattern changes due to activity restrictions during COVID-19 pandemic in Chennai. *Transp. Lett.* Reino Unido, v. 13, n. 5-6, p. 473-481, 2021.
- PROCKO, M. *et al.*, Human impacts on mammals in and around a protected area before, during, and after COVID-19 lockdowns. *Conserv. sci. Pract.* EUA, p. e12743, 2022.

ROWDEN, P.; STEINHARDT, D.; SHEEHAN, M. **Road crashes involving animals in Australia.** *Accid. anal. Prev.* EUA, v. 40, n. 6, p. 1865-1871, 2008.

RUTZ, C. *et al.*, **COVID-19 lockdown allows researchers to quantify the effects of human activity on wildlife.** *Nat Ecol Evol.* Inglaterra, v. 4, n. 9, p. 1156-1159, 2020.

RYTWINSKI, T.; FAHRIG, L. **Effect of road density on abundance of white-footed mice.** *Landsc. Ecol.* Holanda, v. 22, n. 10, p. 1501-1512, 2007.

SANAR SAÚDE. **Linha do tempo do Coronavírus no Brasil.** 2022. Disponível em: <https://www.sanarmed.com/linha-do-tempo-do-coronavirus-no-brasil>. Acesso em: 29 jun. 2022.

SÁSSI, C. M. *et al.*, **Levantamento de animais silvestres atropelados em trecho da rodovia BR482.** *Arq Bras Med Vet Zootec.* Brasil, v. 65, p. 1883-1886, 2013.

SHILLING, F. *et al.*, **A Reprieve from US wildlife mortality on roads during the COVID-19 pandemic.** *Biol. Conserv.* Holanda, v. 256, p. 109013, 2021.

SULLIVAN, B. **Observed differences in body temperature and associated behavior of four snake species.** *J. Herpetol.* EUA, v. 15, n. 2, p. 245-246, 1981.

TAYADE, N. S.; DABHADE, S. D.; WANJARI, V. H. **Road casualties of Indian palm squirrel.** *Int. E Res. J.*, v. 10, p. 278-281, 2019.

TAYLOR, S. K. *et al.*, **Causes of mortality of free-ranging Florida panthers.** *J. wildl. Dis.* EUA, v. 38, n. 1, p. 107-114, 2002.

TEIXEIRA, F. Z. *et al.*, **When road-kill hotspots do not indicate the best sites for road-kill mitigation.** *J. Appl. Ecol.* Grã Bretanha, v. 54, n. 5, p. 1544-1551, 2017.

VAIŠKŪNAITĖ, R.; MIERAUSKAS, P.; ŠPAKAUSKAS, V. **Biodiversity impact assessment in road development in Lithuania.** *Transport.* v. 27, n. 2, p. 187-195, 2012.

VERCAYIE, D.; HERREMANS, M. **Citizen science and smartphones take roadkill monitoring to the next level.** *Nat. Conserv.* Bulgaria, v. 11, p. 29, 2015.

WYCZE, K. P. *et al.*, **Changes in ambient air quality and atmospheric composition and reactivity in the South East of the UK as a result of the COVID-19 lockdown.** *Sci. Total Environ.* Holanda, v. 755, p. 142526, 2021.