UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA CAMPUS BOTUCATU

IMPACTO DA INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS NA SAÚDE DE CÃES E GATOS

ESTELA MANZINI BONFIM SANTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Unesp, Campus de Botucatu, como parte das exigências para graduação Medicina Veterinária.

Botucatu – SP

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA CAMPUS BOTUCATU

IMPACTO DA INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS NA SAÚDE DE CÃES E GATOS

ESTELA MANZINI BONFIM SANTOS

ORIENTADOR: PROFESSORA DOUTORA MARICY APPARÍCIO FERREIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Unesp, Campus de Botucatu, como parte das exigências para graduação em Medicina Veterinária

Botucatu – SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Santos, Estela Manzini Bonfim.

Impactos da ingestão de microplásticos na saúde de cães e gatos / Estela Manzini Bonfim Santos. - Botucatu, 2024
Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu
Orientador: Maricy Apparício Ferreira
Capes: 50502050

1. Plásticos. 2. Saúde animal. 3. Espécies sentinelas. 4. Animais de estimação.

Palavras-chave: Microplástico; Saúde animal; Sentinelas.

ESTELA MANZINI BONFIM SANTOS

IMPACTO DA INGESTÃO DE MICROPLÁSTICOS NA SAÚDE DE CÃES E GATOS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, para obtenção do título de Grau acadêmico Bacharel(a) em Medicina Veterinária.

Área de Concentração:

Data da defesa: 13 de novembro de 2024

Banca Examinadora:

_____

Profa. Dra. Maricy Apparicio Ferreira
UNESP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu

_____

Profa. Dra. Alessandra Melchert
UNESP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu

_____

Prof. Dr. Didier Quevedo Cagnini
UNESP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Campus de Botucatu

Resumo

Os plásticos, compostos por polímeros sintéticos, são materiais amplamente utilizados devido a suas propriedades físicas, como durabilidade, resistência e flexibilidade. Seu uso abrangente inclui desde setores industriais até o cotidiano, incluindo embalagens e produtos de saúde. No entanto, os microplásticos, que são fragmentos derivados da degradação de plásticos maiores ou já presentes em produtos como cosméticos, surgiram como poluentes emergentes. Em 2019, cerca de 10 milhões de toneladas de resíduos plásticos foram despejados nos oceanos, com projeções indicando um aumento até 2030. Apenas 6% do plástico produzido é reciclado, enquanto a maioria é destinada a aterros ou liberada no meio ambiente. Os microplásticos afetam não apenas os ambientes aquáticos, mas também os terrestres, incluindo alimentos e animais domésticos, que podem servir como sentinelas para a exposição humana. Estudos indicam que alimentos terrestres e animais de produção estão contaminados por microplásticos, o que pode ter impactos significativos na saúde. No Brasil, onde a taxa de reciclagem de plástico é baixa, os animais de companhia podem atuar como possíveis sentinelas da saúde humana devido ao compartilhamento de ambientes e hábitos. Os microplásticos, com diferentes tamanhos e toxicidades, podem entrar no corpo animal por ingestão, inalação ou contato com a pele, resultando em inflamações, estresse oxidativo, danos celulares e outros efeitos adversos. A presença de microplásticos em tecidos humanos e animais, como observado em placentas humanas, sugere potenciais riscos à saúde. Considerando a interdependência entre a saúde humana, animal e ambiental, investigar a presença de microplásticos em animais de companhia é crucial para compreender seus impactos na saúde pública e ambiental.

Palavras-chave: microplástico, saúde animal, sentinelas.

Abstract

Plastics, composed of synthetic polymers, are extensively used due to their advantageous physical properties, including durability, resistance, and flexibility. Their applications span numerous sectors, from industrial uses to everyday items such as packaging and healthcare products. Microplastics, which originate from the degradation of larger plastic materials or are directly incorporated into products like cosmetics, have emerged as a significant environmental pollutant. In 2019 alone, 10 million tonnes of plastic waste were discarded into the oceans, a figure projected to rise by 2030. Despite their prevalence, only 6% of all plastic produced is recycled, with most ending up in landfills or being released into the environment.

Microplastics pose threats not only to aquatic ecosystems but also to terrestrial environments, infiltrating the food chain and domestic animals, which can act as sentinels for human exposure. Research has demonstrated the contamination of agricultural and food animals by microplastics, raising concerns about potential health effects. In Brazil, where plastic recycling rates are notably low, companion animals may serve as important indicators of human exposure to microplastics due to shared living spaces and habits. These pollutants, varying in size and toxicity, can enter an animal's body via ingestion, inhalation, or dermal contact, leading to inflammation, oxidative stress, cellular damage, and other adverse health effects.

The detection of microplastics in human and animal tissues, such as human placentas, underscores their potential health risks. Given the interconnectedness of human, animal, and environmental health, studying the presence of microplastics in pet animals is essential for understanding their broader impacts on public and environmental health.

Key words: Microplastic, animal health, sentinels

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....
5 2 REVISÃO DE LITERATURA
..... 7 7

2.1 Plásticos e microplásticos.....9

2.2 Vias de exposição aos microplásticos.....10

2.3 Efeitos tóxicos dos microplásticos..... 11

2.4 Animais de companhia como sentinelas 12

3 CONCLUSAO 12
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....
13

1 INTRODUÇÃO

Os plásticos representam um grupo diversificado de materiais compostos por polímeros sintéticos formados a partir de compostos por monômeros repetidos. Essa diversidade resulta em materiais de baixo custo com propriedades físicas desejáveis, como durabilidade, resistência e flexibilidade (Vargas et al., 2022). Na sociedade contemporânea, esses polímeros são amplamente utilizados, abrangendo desde setores industriais até o cotidiano, como embalagens, transportes, saúde, cosméticos e medicamentos (Vargas et al., 2022; Pompêo; Rani-Borges; Paiva, 2022).

Os microplásticos são poluentes ambientais emergentes originados na desintegração de plásticos maiores por meio da degradação física e biológica ou das aplicações de cosméticos que contêm microplásticos (Koelmans e Pahl, 2019 ; Guerranti et al., 2019).

De acordo com a World Wide Fund for Nature, em 2019, 10 milhões de toneladas de resíduos plásticos foram despejados nos oceanos, com projeções de aumento contínuo até 2030. Esse cenário é agravado tanto pela elevada produção quanto pelo descarte inadequado destes materiais. Estima-se que 94% do plástico produzido mundialmente acaba em aterros sanitários ou no meio ambiente, com apenas 6% sendo reciclado (Alimi et al., 2018; Pompêo; Rani-Borges; Paiva, 2022).

Inicialmente, as pesquisas sobre microplásticos focavam-se em ambientes aquáticos e seus organismos. No entanto, a exposição a microplásticos estende-se também a ambientes terrestres, afetando animais domésticos, que podem servir como sentinelas para aa exposição humana (Prata; Dias-Pereira, 2023). Embora invertebrados como caracóis, minhocas e tatuzinhos-de-jardim têm sido sugeridos como bioindicadores da presença de microplásticos, ainda não foi proposto organismo sentinela específico para a saúde humana, especialmente em áreas urbanas (Al Malki et al., 2021).

Estudos recentes revelam que alimentos de origem terrestre e processados também estão contaminados por microplásticos, e que animais de produção podem

absorver partículas plásticas presentes no ambiente (Van Der Veen, 2022; Kwon et al., 2020).

Animais de companhia, que compartilham o ambiente com humanos, surgem como candidatos ideais para atuar como sentinelas da saúde humana, dada a semelhança no estilo de vida, na morfologia digestiva monogástrica e na distribuição global (Prata; Dias-Pereira, 2023). No Brasil, onde os animais de estimação representam 67,6% da população, com 55,9 milhões de cães e 25,6 milhões de gatos (Correio do Estado, 2021), o país é o quarto maior produtor de lixo plástico no mundo, com 11,3 milhões de toneladas anuais e um índice de reciclagem de apenas 1,28% (WWF, 2019).

Mesmo o plástico reciclado enfrenta perdas significativas devido à contaminação e à separação de meterias de baixo valor. Estima-se que 7,7 milhões de toneladas de plástico sejam destinadas a aterros sanitários, e 2,4 milhões de toneladas sejam descartadas irregularmente (WWF, 2019).

A principal via de exposição humana a partículas plásticas é a ingestão (Lehner et al., 2019). Evidências mostram uma correlação positiva entre a concentração de microplásticos em fezes e a gravidade de doenças inflamatórias intestinais (Yan et al., 2022). Devido à proximidade entre humanos e animais de companhia, estes últimos estão expostos aos mesmos ambientes e hábitos, incluindo a alimentação contaminada por microplásticos (Carciofi; Jeremias, 2010). Um estudo revelou a presença de microplásticos em 43% das amostras de órgãos coletados em necropsias de cães e gatos (Prata et al., 2022).

Considerando o conceito de "Saúde Única", que reconhece a interdependência entre a saúde humana, animal e ambiental, é fundamental investigar a presença de microplásticos em animais de companhia para compreender os impactos na saúde pública e ambiental (KAHN; KAPLAN; MONATH, 2009). Portanto, este trabalho tem como objetivo revisar e sintetizar a literatura científica

existente sobre a presença de microplásticos em cães e gatos, abordando suas fontes, mecanismos de exposição e impactos na saúde desses animais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Plásticos e microplásticos

Os plásticos são compostos por polímeros e uma variedade de aditivos, como cargas, plastificantes, pigmentos, estabilizadores, retardantes de chama, agentes antiestáticos e espumantes, que melhoram suas propriedades físicas e de processamento. Em 2021, o mercado global de produtos plásticos e de borracha foi avaliado em aproximadamente US$ 1.229,98 bilhões, com estimativas de crescimento para US$ 1.923,6 bilhões em 2026, a uma taxa de 9,1% ao ano ("Relatório de mercado global de produtos de plástico e borracha 2022").

Os plásticos estão presentes em praticamente todos os aspectos da vida e da economia. Produtos feitos desse material oferecem inúmeras vantagens, como leveza e durabilidade, além de resistência a danos mecânicos, corrosão e condições climáticas adversas (Bott, Störmer e Franz, 2014). No entanto, a popularidade desses produtos também traz consequências negativas. Na União Europeia, estimase que 80-85% do lixo marinho seja composto por plásticos, dos quais 50% são produtos de uso único (Yuan, Nag e Cummins, 2022). Aproximadamente 40% da produção global de plástico é destinada a embalagens (Hirt e Body-Malapel, 2020; Shlush e Davidovich-Pinhas, 2022), que são uma das principais fontes de microplásticos (MP) (Koelmans et al., 2022; Lozano et al., 2021).

Os microplásticos são materiais sintéticos com alto teor de polímeros (Jadhav et al., 2021), variando em tamanho de 0,1 a 5000 μm. Aproximadamente 50% dos MPs em sistemas aquáticos têm entre 500 e 1000 μm, 29,8% entre 1000 e 2500 μm, e 17,6% entre 2500 e 5000 μm. No ambiente marinho, os MPs maiores se decompõem em partículas menores através de processos mecânicos, fotooxidação e degradação hidrolítica (Batool et al., 2022; Liu, Xu, et al., 2022). A toxicidade dos MPs está diretamente relacionada ao seu tamanho; quanto menor a partícula, maior a toxicidade prevista (Kwon et al., 2020; Yang, Man, et al., 2022).

As maiores quantidades de microplásticos (MP) são derivadas de polímeros como poli(tereftalato de etileno) – PET (Oßmann et al., 2018; Schymanski et al., 2018), polietileno – PE (Çobanoğlu et al., 2021; Wang et al., 2022), polipropileno – PP (Hwang et al., 2019), poliestireno – PS (Huang et al., 2022; Liu, Hou, et al., 2022), poli(cloreto de vinila) – PVC (Qin et al., 2022), poliamida – PA (Deshoulles et al., 2022), e policarbonato – PC (Shi et al., 2021). Esses contaminantes são encontrados em diversos ambientes, incluindo o ar que respiramos e os alimentos que consumimos, representando uma preocupação crescente para a saúde pública e ambiental.

2.2 Vias de exposição aos microplásticos

Os microplásticos podem entrar no corpo animal por três rotas principais: ingestão, inalação e contato com a pele.

A ingestão é uma das vias mais comuns de exposição. Os microplásticos estão presentes em diversos alimentos e forragens, devido à sua disseminação em águas superficiais, subterrâneas e residuais, que contêm diferentes tipos de plásticos, como fragmentos, fibras e filmes, contaminando as fontes de alimentação (Zuccarello et al., 2019; Wang et al., 2020).

Tanto animais quanto humanos consomem água contaminada com microplásticos, que também são encontrados na água usada para irrigação agrícola. Estudos anteriores demonstraram que terras aráveis contaminadas por microplásticos podem absorver essas partículas através das raízes das plantas, sendo posteriormente transportadas pelo xilema até as partes comestíveis (Lian et al., 2020). Isso significa que os plásticos podem ser transferidos para partes das plantas destinadas ao consumo humano ou animal, integrando-se assim na cadeia alimentar (Rillig et al., 2019).

Em algumas regiões da Europa onde a atividade agrícola é intensa, ruminantes que pastam após a colheita acabam ingerindo fragmentos de plástico. Em países em desenvolvimento, como Etiópia e Índia, o problema dos resíduos plásticos é ainda mais crítico, já que muitos animais, incluindo o gado, se alimentam de lixo fora de áreas confinadas. Quando ingeridos, os plásticos liberam lentamente

substâncias químicas no rúmen, que podem entrar na corrente sanguínea e contaminar o leite, os produtos cárneos e, consequentemente, a cadeia alimentar, gerando potenciais riscos à saúde humana (Ramaswamy; Sharma, 2011; Priyanka; Dey, 2018).

A inalação é outra via significativa de exposição a microplásticos e nanoplásticos. Partículas minúsculas de plástico podem permanecer suspensas no ar, principalmente provenientes de têxteis sintéticos, fertilizantes de águas residuais secas ou precipitação atmosférica (Lehner et al., 2019). O ar contaminado com essas partículas é inalado, levando-as diretamente no trato respiratório, onde podem afetar a camada mucosa, a camada periciliar, as células ciliadas, as células secretoras não ciliadas e as células basais. Estima-se que a exposição humana aos microplásticos por inalação e ingestão de poeira seja de alguns miligramas por dia (Lehner et al., 2019; Shen, et al., 2020).

Uma terceira via potencial de exposição é a transdérmica, através do contato direto ou injeção. Partículas de plástico podem penetrar na pele por meio do uso de produtos de saúde e beleza (em humanos) ou por contato com água contaminada. A barreira de entrada pode ser o estrato córneo, mas essas partículas também podem penetrar por meio das glândulas sudoríparas, feridas na pele ou folículos capilares. Embora o estrato córneo forme uma barreira natural que dificulta a penetração de partículas intactas, estudos sugerem que pequenas partículas podem acumular-se superficialmente. Por exemplo, Alvarez-Roman et al. (2024) investigaram a penetração de partículas de poliestireno de 20 a 200 nm no estrato córneo de porcos, detectando uma concentração de nanoplásticos de 20 nm nos folículos capilares, sem, no entanto, observarem transferência para as camadas internas da pele. Isso indica uma penetração limitada das partículas na pele. Contudo, a entrada de microplásticos na circulação sistêmica por meio de cateteres intravenosos de plástico, seringas e outros dispositivos médicos não pode ser descartada.

2.3 Efeitos tóxicos dos microplásticos

Os microplásticos representam riscos para humanos e animais em três dimensões: física, química e microbiológica. Os riscos físicos são causados pelo

pequeno tamanho das partículas, que permite que os microplásticos atravessem barreiras biológicas como a pele, intestino, tecidos hematoencefálico, testicular e até mesmo placentário, resultando em danos diretos. Os riscos químicos provêm de aditivos ou contaminantes persistentes e potencialmente perigosos, enquanto os riscos microbiológicos estão associados a microrganismos que aderem à superfície dos microplásticos (Koelmans et al., 2022).

A exposição de animais a MPs pode causar inflamação; citotoxicidade (como estresse oxidativo, danos celulares, alteração da viabilidade celular e função de membrana); genotoxicidade por danos oxidativos; e imunotoxicidade (Poma et al., 2019). Muitos efeitos tóxicos dos MPs estão interconectados, pois a perturbação de um processo pode desencadear uma cascata de outras respostas toxicológicas (Kannan; Vimalkumar 2021).

A toxicidade, translocação e acumulação de microplásticos dependem de fatores como tamanho, forma, dose, funcionalização de superfície, carga e hidrofobicidade das partículas. Há evidências substanciais de que os MPs se acumulam nos tecidos, provocando inflamação, estresse oxidativo, apoptose, necrose e respostas imunes em tecidos humanos e animais (Ramaswamy; Sharma, 2011; Shen, 2020; Yong et al., 2020).

Partículas com diâmetro inferior a 100 µm podem atravessar membranas celulares, e aquelas menores que 20 µm podem se translocar eficientemente para vários órgãos. Kannan e Vimalkumar (2021) relataram o acúmulo de partículas de PVC em diferentes espécies (incluindo porcos) desde a década de 1970. Além disso, há evidências de que a maioria das partículas maiores ingeridas são excretadas pelas fezes, enquanto as menores podem ser absorvidas sistemicamente e atravessar barreiras teciduais. Partículas de 0,1 a 10 µm de diâmetro podem atravessar a barreira hematoencefálica e a barreira placentária, enquanto MPs de até 150 µm podem atravessar as paredes do tecido gastrointestinal. Presume-se que partículas menores que 2,5 µm possam circular sistemicamente por endocitose.

Ragusa e colaboradores (2021) analisaram seis placentas humanas em Roma (Itália) utilizando microespectroscopia Raman e encontraram fragmentos de 12 MPs (5-10 µm) em quatro dos seis espécimes. Notavelmente, todos os MPs eram

pigmentados, sugerindo sua origem em revestimentos, tintas ou produtos de higiene pessoal. Além disso, as partículas foram detectadas tanto no lado materno quanto no lado fetal da placenta, bem como na membrana corioamniótica, destacando um potencial risco para o feto. Os autores sugerem que essas partículas plásticas nas placentas poderiam interferir em importantes vias celulares que regulam funções do sistema imunológico, sinalização dos fatores de crescimento e outros processos.

Wick et al. (2010) também relataram que partículas de poliestireno com 240 nm podem cruzar a barreira placentária por difusão ou ligação a proteínas de transporte celular. O acúmulo de MPs ocorre principalmente no fígado, rins, intestino, estômago, intestino delgado e linfonodos mesentéricos (Allouzi et al., 2021; Banerjee; Shelver, 2021). Fournier e colaboradores (2020) administraram partículas de poliestireno de 0,02 μm a ratas no final da gestação e observaram a transferência dessas partículas para tecidos fetais, incluindo fígado, pulmões, coração, rins e cérebro. Luo et al. (2019) também relataram que, após a exposição materna a microplásticos de poliestireno, a prole apresentou diversos distúrbios metabólicos, como alteração nas concentrações séricas de triglicerídeos e colesterol, indicando os potenciais riscos dos microplásticos para o sistema reprodutivo e para o feto em diferentes espécies.

2.4 Animais de companhia como sentinelas

Entre os animais domésticos que convivem com famílias humanas, os animais de companhia (cães e gatos) são os mais adequados como possíveis sentinelas para monitoramento ambiental, devido ao seu estilo de vida compartilhado (mesmo ambiente, fontes de água e alimento), morfologia digestiva semelhante, distribuição universal e liberdade cada vez mais limitada (Bordier et al., 2020).

O monitoramento desses animais permite o reconhecimento precoce de ameaças ambientais, considerando suas vidas úteis mais curtas, maior sensibilidade e ausência de comportamentos que podem interferir nos resultados (por exemplo, fumar) (Buttke, 2011; Neo; Tan, 2017). Em uma revisão bibliográfica que compilou

748 artigos científicos, foram encontrados relatos de início precoce de doenças ou mortalidade em animais de companhia expostos a substâncias como vapores de politetrafluoroetileno, mercúrio, chumbo, herbicida e amianto em ambientes domésticos, antecedendo casos em humanos (Beck; Lash; Hack, 2020).

Além disso, amostras coletadas de procedimentos médicos ou necropsias em animais estão mais facilmente disponíveis, pois não estão sujeitas às mesmas restrições que amostras humanas (FIETTE; SLAOUI; BAUCHET, 2022, p. 10).

3 CONCLUSÃO

O microplástico são contaminantes onipresentes encontrados na água, no ar e no solo, com a exposição mais comum ocorrendo por meio do trato gastrointestinal. Esses contaminantes representam uma ameaça significativa à saúde humana e animal devido à sua ampla presença nos alimentos. Além disso, os microplásticos servem como vetores para nutrientes e patógenos microbianos, aumentando o risco de contaminação em organismos vivos.

Uma vez acumulados no corpo, os microplásticos podem induzir inflamação e provocar efeitos adversos em diversos sistemas tanto em humanos quanto em animais. A exposição à MP está associada ao estresse oxidativo, alterações na divisão e viabilidade celular, danos ao DNA, respostas imunológicas, disrupção metabólica, disbiose intestinal, e ao aumento do risco de câncer, doenças respiratórias e neurodegenerativas. Além disso, há evidências sugerindo que os microplásticos podem impactar não apenas o corpo, mas também a saúde mental, sendo hipotetizado como um dos fatores potenciais no desenvolvimento de transtornos do espectro autista.

No entanto, a falta de metodologias analíticas padronizadas dificulta uma compreensão abrangente dos impactos dos MP. A padronização dos requisitos e a implementação de procedimentos experimentais uniformes para a análise de partículas plásticas são essenciais para avançar na compreensão dos efeitos dos microplásticos em diferentes espécies.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AL MALKI, J. S. et al. Terrestrial Biota as Bioindicators for Microplastics and Potentially Toxic Elements. **Coatings**, v. 11, n. 10, p. 1152, 23 set. 2021.

ALIMI, O. S. et al. Microplastics and Nanoplastics in Aquatic Environments: Aggregation, Deposition, and Enhanced Contaminant Transport. **Environmental Science & Technology**, v. 52, n. 4, p. 1704–1724, 20 fev. 2018.

ALLOUZI, Mintallah Mousa A. et al. Micro (nano) plastic pollution: The ecological influence on soil-plant system and human health. **Science of the Total Environment**, v. 788, p. 147815, 2021.

ALVAREZ-ROMÁN, Rocio et al. Skin penetration and distribution of polymeric nanoparticles. **Journal of controlled release**, v. 99, n. 1, p. 53-62, 2004.

BANERJEE, Amrita; SHELVER, Weilin L. Alterações fisiopatológicas mediadas por micro e nanoplásticos em roedores, coelhos e galinhas: uma revisão. **Journal of Food Protection**, v. 84, n. 9, p. 1480-1495, 2021.

Batool, Iffat, Abdul Qadir, Joseph M. Levermore e Frank J. Kelly. "Dinâmica de microplásticos transportados pelo ar, avaliação e comportamento distribucional na atmosfera; uma revisão." *Science of the Total Environment* 806 (2022): 150745.

BECK, Andrew C.; LASH, Erica M.; HACK, Jason B. Exposições tóxicas ambientais usando animais de companhia como um indicador de toxicidade humana: um relato de caso e discussão. **The journal of emergency medicine**, v. 59, n. 1, p. e1-e7, 2020.

BORDIER, Marion et al. Características dos sistemas de vigilância One Health: uma revisão sistemática da literatura. **Medicina veterinária preventiva**, v. 181, p. 104560, 2020.

BOTT, Johannes; STÖRMER, Angela; FRANZ, Roland. Um estudo modelo sobre o potencial de migração de nanopartículas de nanocompósitos plásticos para contato com alimentos. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 2, n. 2, p. 73-80, 2014.

BRASIL é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. **WWF**, 04 mar. 2019. Disponível em: https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-domundo-que-mais-gera-lixo-plastico. Acesso em: 18 ago. 2024.

BUTTKE, Danielle E. Toxicology, environmental health, and the “One Health” concept. **Journal of Medical Toxicology**, v. 7, p. 329-332, 2011.

CARCIOFI, A. C.; JEREMIAS, J. T. Progresso científico sobre nutrição de animais de companhia na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. suppl spe, p. 35–41, jul. 2010.

ÇOBANOĞLU, Hayal et al. Efeitos genotóxicos e citotóxicos de microplásticos de polietileno em linfócitos do sangue periférico humano. **Chemosphere** , v. 272, p. 129805, 2021.

DESHOULLES, Quentin et al. Hydrolytic degradation of biodegradable poly (butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT)-Towards an understanding of microplastics fragmentation. **Polymer Degradation and Stability**, v. 205, p. 110122, 2022.

FOURNIER, Sara B. et al. Translocação de nanopoliestireno e deposição fetal após exposição pulmonar aguda durante o estágio final da gravidez. **Particle and Fibre Toxicology** , v. 17, p. 1-11, 2020.

GUERRANTI, C. et al. Microplásticos em cosméticos: questões ambientais e necessidades de proibições globais. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 68, p. 75-79, 2019.

HIRT, Nell; BODY-MALAPEL, Mathilde. Immunotoxicity and intestinal effects of nano-and microplastics: a review of the literature. **Particle and fibre toxicology**, v. 17, p. 1-22, 2020.

HIRT, Nell; BODY-MALAPEL, Mathilde. Immunotoxicity and intestinal effects of nano-and microplastics: a review of the literature. **Particle and fibre toxicology**, v. 17, p. 1-22, 2020.

KANNAN, Kurunthachalam; VIMALKUMAR, Krishnamoorthi. Uma revisão da exposição humana a microplásticos e insights sobre microplásticos como obesogênicos. **Frontiers in Endocrinology**, v. 12, p. 724989, 2021.

KOELMANS, Albert A. et al. Risk assessment of microplastic particles. **Nature Reviews Materials**, v. 7, n. 2, p. 138-152, 2022.

KWON, J.-H. et al. Microplastics in Food: A Review on Analytical Methods and Challenges. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 18, p. 6710, 15 set. 2020.

LEHNER, R. et al. Emergence of Nanoplastic in the Environment and Possible Impact on Human Health. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 4, p. 1748–1765, 19 fev. 2019.

LEHNER, Roman et al. Emergence of nanoplastic in the environment and possible impact on human health. **Environmental science & technology**, v. 53, n. 4, p. 1748-1765, 2019.

LIAN, Jiapan et al. Impact of polystyrene nanoplastics (PSNPs) on seed germination and seedling growth of wheat (Triticum aestivum L.). **Journal of hazardous materials**, v. 385, p. 121620, 2020.

LIMONGI, J. E.; OLIVEIRA, S. V. DE. COVID-19 e a abordagem One Health (Saúde Única): uma revisão sistemática. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 139–149, 27 ago. 2020.

LIU, Xu et al. Polímeros orgânicos porosos para supercapacitores de alto desempenho. **Chemical Society Reviews**, v. 51, n. 8, p. 3181-3225, 2022.

LOZANO, Yudi M. et al. Forma do microplástico, tipo de polímero e concentração afetam as propriedades do solo e a biomassa vegetal. **Frontiers in plant science**, v. 12, p. 616645, 2021.

LUO, Ting et al. Maternal exposure to different sizes of polystyrene microplastics during gestation causes metabolic disorders in their offspring. **Environmental Pollution**, v. 255, p. 113122, 2019.

NEO, Jacqueline Pei Shan; TAN, Boon Huan. O uso de animais como uma ferramenta de vigilância para monitorar riscos ambientais à saúde, riscos à saúde humana e bioterrorismo. **Microbiologia veterinária**, v. 203, p. 40-48, 2017.

NOVOTNA, Katerina et al. Microplásticos no tratamento de água potável – conhecimento atual e necessidades de pesquisa. **Science of the total environment** , v. 667, p. 730-740, 2019.

OßMANN, Barbara E. et al. Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. **Water research**, v. 141, p. 307-316, 2018.

POMA, Anna et al. In vitro genotoxicity of polystyrene nanoparticles on the human fibroblast Hs27 cell line. **Nanomaterials**, v. 9, n. 9, p. 1299, 2019.

POMPÊO, Marcelo; RANI-BORGES, Bárbara; PAIVA, Teresa Cristina Brazil de. Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções. 2022.

PRATA, J. C.; DIAS-PEREIRA, P. Microplastics in Terrestrial Domestic Animals and Human Health: Implications for Food Security and Food Safety and Their Role as Sentinels. **Animals**, v. 13, n. 4, p. 661, 14 fev. 2023.

PRIYANKA, Mahadappa; DEY, Sahadeb. Ruminal impaction due to plastic materials-An increasing threat to ruminants and its impact on human health in developing countries. **Veterinary world**, v. 11, n. 9, p. 1307, 2018.

RAGUSA, A. et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. **Environment International**, v. 146, p. 106274, jan. 2021.

RAMASWAMY, V.; Sharma, H. R. The II OAB Journal special issue on environmental management for sustainable development plastic bags–threat to environment and cattle health: a retrospective study from gondar city of Ethiopia. **Vet. World**, v. 2, n. 2011, p. 7-12, 2011.

RELATÓRIO da ONU sobre poluição plástica alerta sobre falsas soluções e confirma necessidade de ação global urgente. **UNEP**, Nairobi, 21 out. 2021. Ação de produtos químicos e poluição. Disponível em: https://www.unep.org/ptbr/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/relatorio-da-onu-sobrepoluicao-plastica-alerta-sobre. Acesso em: 18 ago. 2024.

RILLIG, Matthias C. et al. Microplastic effects on plants. **New phytologist**, v. 223, n. 3, p. 1066-1070, 2019.

SCHYMANSKI, Darena et al. Análise de microplásticos em água por espectroscopia micro-Raman: Liberação de partículas plásticas de diferentes embalagens em água mineral. **Water research**, v. 129, p. 154-162, 2018.

SHEN, Maocai et al. Are biodegradable plastics a promising solution to solve the global plastic pollution. **Environmental pollution**, v. 263, p. 114469, 2020.

SHLUSH, Eden; DAVIDOVICH-PINHAS, Maya. Bioplastics for food packaging. **Trends in food science & technology**, v. 125, p. 66-80, 2022.

TALITA, M. et al. **MICROPLÁSTICOS: seus impactos à saúde humana.** Universidade Católica do Salvador, 2021.

VAN DER VEEN, I. et al. **Plastic Particles in Livestock Feed, Milk, Meat and Blood**. Amsterdam: Environment & Health, 2022.

VARGAS, J. et al. Microplásticos: uso na indústria cosmética e impactos no ambiente aquático. **Química Nova**, 2022.

WANG, Fang et al. Occurrence and distribution of microplastics in domestic, industrial, agricultural and aquacultural wastewater sources: A case study in Changzhou, China. **Water Research**, v. 182, p. 115956, 2020.

WICK, Peter et al. Capacidade de barreira da placenta humana para materiais nanodimensionados. **Environmental health perspectives**, v. 118, n. 3, p. 432-436, 2010.

YAN, Z. et al. Analysis of Microplastics in Human Feces Reveals a Correlation between Fecal Microplastics and Inflammatory Bowel Disease Status. **Environmental Science & Technology**, v. 56, n. 1, p. 414–421, 4 jan. 2022.

YONG, Cheryl Qian Ying; VALIYAVEETTIL, Suresh; TANG, Bor Luen. Toxicity of microplastics and nanoplastics in mammalian systems. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 05, p. 1509, 2020.

YUAN, Zhihao; NAG, Rajat; CUMMINS, Enda. Preocupações com a saúde humana em relação aos microplásticos no ambiente aquático - De sistemas marinhos a alimentares. **Science of the Total Environment**, v. 823, p. 153730, 2022.

ZUCCARELLO, P. et al. Exposure to microplastics (< 10 μm) associated to plastic bottles mineral water consumption: The first quantitative study. **Water research**, v. 157, p. 365-371, 2019.