

Estudo quantitativo temporal sobre a contaminação de aves aquáticas por metais

Quantitative temporal study on the contamination of waterfowl by metals

Estudio temporal cuantitativo sobre la contaminación de las aves acuáticas por metales

Recebido: 14/07/2020 | Revisado: 21/07/2020 | Aceito: 28/07/2020 | Publicado: 06/08/2020

Thaysa Costa Hurtado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6274-4273>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: thaysa_mt@hotmail.com

Bruno Ramos Brum

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3645-3074>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: brunoramosbrum@hotmail.com

Milena Santos Batista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9171-2112>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: milenasantosbatista28@gmail.com

Rosana dos Santos D'Ávila

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8236-2096>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: rosanaest3@gmail.com

Áurea Regina Alves Ignácio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4672-1818>

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

E-mail: aurea@unemat.br

Resumo

Elementos potencialmente tóxicos podem ser considerados graves contaminantes ambientais, por não se degradarem e terem efeito acumulativo no meio ambiente e no organismo de diversas espécies. Considerando que a contaminação por metais pode estar associada ao declínio de aves aquáticas, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise quantitativa temporal, por meio de uma abordagem cienciométrica sobre a contaminação e possível declínio de aves aquáticas que habitam áreas potencialmente contaminadas por metais. Foram

encontradas, 239 publicações indexadas nas duas bases de dados analisadas, sendo 218 publicações na base de dados da Web of Science, com uma representatividade de (91,21%) e 21 publicações (8,79%) na base de dados Scopus. Os trabalhos analisados estudaram 25 famílias e 66 espécies de aves que tiveram ao menos um órgão/tecido/estrutura (fígado, fezes, bolo estomacal, sangue, pulmão, pena coração encéfalo, ossos, unha, tecido muscular, ovos) contaminado por pelo menos um dos 18 metais encontrados nos artigos analisados (Hg, Pb, Zn, Cu, Cd, Fe, Mg, Ca, Mn, Sr, As, Ni, Sc, Al, Ag, Co, Cr) e MeHg que é a forma orgânica do Hg. Os resultados das pesquisas analisadas indicaram que os metais estudados, podem comprometer a sobrevivência, capacidade de forrageamento das aves em seu ambiente natural, prejudicando também o desenvolvimento morfológico, o que poderia diminuir a possibilidade de sucesso reprodutivo, e, portanto, contribuir para o declínio das populações de aves aquáticas ao redor do mundo.

Palavras-chave: Biomagnificação; Cienciometria; Ecotoxicologia.

Abstract

Potentially toxic elements can be considered serious environmental contaminants, as they do not degrade and have a cumulative effect on the environment and on the organism of several species. Considering that contamination by metals may be associated with the decline of waterfowl, the objective of this work was to perform a quantitative temporal analysis, through a scientometric approach on the contamination and possible decline of waterfowl that inhabit areas potentially contaminated by metals. 239 publications were found indexed in the two databases analyzed, with 218 publications in the Web of Science database, with a representation of (91.21%) and 21 publications (8.79%) in the Scopus database. The analyzed works studied 25 families and 66 bird species that had at least one organ / tissue / structure (liver, feces, stomach bolus, blood, lung, brain heart feather, bones, nail, muscle tissue, eggs) contaminated by at least one of the 18 metals found in the analyzed articles (Hg, Pb, Zn, Cu, Cd, Fe, Mg, Ca, Mn, Sr, As, Ni, Sc, Al, Ag, Co, Cr) and MeHg which is the organic form of Hg. The results of the analyzed researches indicated that the studied metals, can compromise the survival, foraging capacity of birds in their natural environment, also impairing the morphological development, which could decrease the possibility of reproductive success, and, therefore, contribute to the decline of water bird populations around the world.

Keywords: Biomagnification; Scientometrics; Ecotoxicology.

Resumen

Los elementos potencialmente tóxicos pueden considerarse contaminantes ambientales graves, ya que no se degradan y tienen un efecto acumulativo en el medio ambiente y en el organismo de varias especies. Teniendo en cuenta que la contaminación por metales puede estar asociada con la disminución de las aves acuáticas, el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis temporal cuantitativo, a través de un enfoque cientométrico sobre la contaminación y la posible disminución de las aves acuáticas que habitan en áreas potencialmente contaminadas por metales. Se encontraron 239 publicaciones indexadas en las dos bases de datos analizadas, con 218 publicaciones en la base de datos de Web of Science, con una representación de (91.21%) y 21 publicaciones (8.79%) en la base de datos Scopus. Los trabajos analizados estudiaron 25 familias y 66 especies de aves que tenían al menos un órgano / tejido / estructura (hígado, heces, bolo estomacal, sangre, pulmón, pluma del corazón del cerebro, huesos, uñas, tejido muscular, huevos) contaminados por al menos Uno de los 18 metales encontrados en los artículos analizados (Hg, Pb, Zn, Cu, Cd, Fe, Mg, Ca, Mn, Sr, As, Ni, Sc, Al, Ag, Co, Cr) y MeHg, que es la forma orgánica de Hg. Los resultados de las investigaciones analizadas indicaron que los metales estudiados pueden comprometer la supervivencia, la capacidad de alimentación de las aves en su entorno natural, también perjudicando el desarrollo morfológico, lo que podría disminuir la posibilidad de éxito reproductivo y, por lo tanto, contribuir a la disminución. de poblaciones de aves acuáticas en todo el mundo.

Palabras clave: Biomagnificación; Cientometría; Ecotoxicología.

1. Introdução

Segundo Primack & Rodrigues (2002) as aves possuem capacidade de se deslocarem para diversas partes do mundo, podendo ocupar os mais variados ecossistemas terrestres ou aquáticos.

Desta forma, é bastante preocupante o fato de que diversos estudos tem registrado a ocorrência de um declínio populacional entre aves de ambientes aquáticos (Rodrigues, 2000; Rodrigues & Lopez, 2000; Morrison, et al., 2004; Baker, et al., 2004; Baker, et al., 2005; Mizrahi & Peters, 2009; Morrison, et al., 2012; Andres, et al., 2013; Souza & Rodrigues, 2015), decorrente de um processo de degradação ambiental relacionado ao acelerado processo de urbanização e expansão agrícola, que poluem os ambientes aquáticos através de efluentes

industriais, esgotos sanitários não tratados, lixiviação de pesticidas, compostos químicos orgânicos e contaminação por metais pesados (Ferreira, et al., 2010).

Por se encontrarem em diferentes guildas tróficas e algumas vezes atuarem como predadoras, topo da cadeia, essas aves dependem da produtividade secundária nos ecossistemas aquáticos, por essa razão as comunidades são diretamente influenciada pela produtividade dos níveis tróficos inferiores (Begon, Townsend & Harper, 2010) de maneira que, a variabilidade alimentar das aves aquáticas as tornam vulneráveis a contaminação e poluição ambiental.

As substâncias tóxicas como metais pesados, podem ser transferidas dos tecidos dos organismos para seus predadores, chegando assim a concentrações maiores em níveis tróficos superiores (De Lemos & Terra, 2003) e por ocuparem níveis tróficos elevados aves topo de cadeia, são muito utilizadas como indicadores do potencial de poluição passível de atingir ao homem (França, 2016).

A contaminação dos ecossistemas aquáticos por metais pesados pode causar graves desequilíbrios no ambiente, decorrente da baixa capacidade de degradação destes elementos que podem continuar no local onde foram dispersados (Baykov, et al., 1996).

Segundo Pinheiro & Sigolo (2006) o acúmulo e magnitude destes metais no ambiente podem levar a efeitos negativos agudos e crônicos quanto à saúde dos ecossistemas e seus componentes. Os sinais clínicos de toxicidade abrangem letargia, fraqueza, polidipsia, poliúria, diarreia, regurgitação e refluxo passivo, e apresentam com menos frequência, sinais neurológicos, perda de peso, diarreia esverdeada, ataxia, decúbito lateral e óbito. Esse é o aspecto mais habitual em casos agudos de intoxicação em aves. No momento em que a patologia adquire uma forma crônica, esta é caracterizada por letargia, disfagia e depressão intermitente.

De acordo com (Burger & Gochfeld, 2002; Burger, et al., 2014; Burger, et al., 2015) a principal via de contaminação por metais em aves ocorre durante a alimentação, que após serem ingeridos podem ser excretados ou absorvidos podendo ser depositados no fígado, rim ou sequestrado pelas penas no período de sua formação (Burger, et al., 2014). Além disso, segundo Burger & Gochfeld (2000) as fêmeas podem eliminar parte dos metais de seu organismo através de seus ovos, que por sua vez, podem ficar retidos na casca ou em seu interior.

As constantes exposições dessas aves a substâncias tóxicas lançadas no meio aquático como metais pesados, quando absorvidas pelo organismo, podem afetar o sistema imune, nervoso e outros (Lázaro, et al., 2018). Alguns metais pesados quando bioacumulados

interferem na formação da casca dos ovos das aves, o que pode levar a uma diminuição na densidade populacional, alterando a estrutura da comunidade, além disso, podem causar danos no sistema nervoso central (Ferreira, et al., 2010), comprometendo a coordenação motora e o equilíbrio.

Sendo assim as aves aquáticas compõe um grupo biológico importante para o monitoramento da qualidade ambiental podendo, portanto, ser empregadas como sentinelas ambientais permitindo a simulação dos efeitos de contaminantes em outros grupos de animais de um determinado ecossistema (Williamson, et al., 2013). De acordo como Burger & Gochfeld (2004) fatores como a elevada posição na cadeia trófica; grande longevidade; elevada filopatria; hábitos coloniais; ampla distribuição, abundância; notoriedade e tamanho fazem com que as aves de ambientes alagados destaquem-se como boas sentinelas ambientais.

Outros fatores importantes que contribuem para a amplitude da utilização de aves aquáticas como organismos bioindicadores da qualidade ambiental são à ocorrência próxima a zonas urbanas, rurais e ambientes modificados pela ação humana, à exploração de diferentes ambientes e níveis tróficos (Burger & Gochfeld, 1997; Kushlan & Hancock, 2005), à elevada mobilidade e à simulação de potenciais efeitos à saúde humana (Vieira, 2006; Williamson, et al., 2013). Além disso, estudos como os de (Burger & Gochfeld, 1995; Kim, et al., 1996; Koster, et al., 1996; Burger & Gochfeld, 1997; Pérez, 1998; Burger & Gochfeld, 2005; Kim & Koo, 2007a; 2007b; 2007c) que exploram a utilização de aves aquáticas como indicadoras de contaminação por metais reforçam o grau de importância da utilização da avifauna de ambientes alagados nos estudos ecotoxicológicos.

Levando em consideração que o declínio da população de aves aquáticas tem sido associado á presença de metais pesados em seus locais de forrageamento, podendo causar distúrbios em vários aspectos do desenvolvimento das mesmas e que a revisão de artigos científicos é instrumento importante para o entendimento sobre o panorama de pesquisas para assuntos específicos ao redor do mundo, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise quantitativa temporal, por meio de uma abordagem cienciométrica sobre o declínio de aves aquáticas por contaminação através de metais.

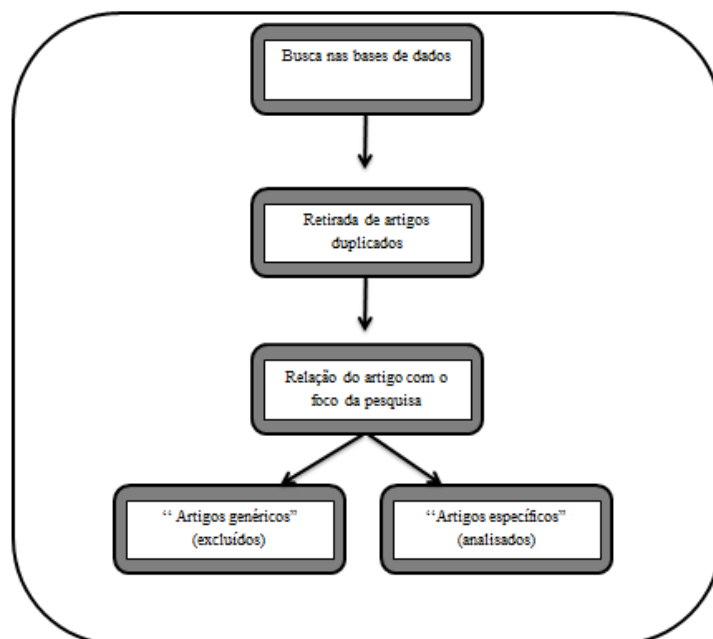
2. Metodologia

Nesta pesquisa utilizou-se o método cientiométrico, onde foram analisados artigos científicos que abordaram questões relacionadas aos efeitos nocivos causados pelos metais em aves aquáticas.

Segundo (White & Griffith, 1982; McCain, 1990) diversos aspectos da produção científica, utilizam esta técnica, em que os principais autores de uma determinada área de conhecimento constituem a unidade de análise. Para Raan, (1997) a abordagem cientiométrica visa o avanço do desenvolvimento da ciência em relação às questões ambientais, sociais e políticas e se baseia principalmente na análise quantitativa de publicações científicas para entender como um determinado conhecimento ou campo da ciência é estruturado e organizado (Ochoa, et al., 2014; Pereira, et al., 2018).

Sendo assim, foi realizada uma análise de rede para caracterizar os grupos temáticos e a abrangência do assunto estudado, por meio da consulta às bases de dados Web of Science (Recuperado de <<http://www.webofscience.com>>) e Scopus (Recuperado de <<http://www.scopus.com>>). A Figura 1 apresenta uma descrição detalhada das etapas adotadas na pesquisa.

Figura 1 - Diagrama das etapas de seleção de artigos que analisaram efeitos ecotoxicológicos por metais em aves aquáticas.



Fonte: Brum et al., (2020).

A primeira etapa consistiu em restringir um *corpus* de texto de referências, utilizando os termos em inglês: *ecotoxicology*, *toxicity*, *cádmium*, *chrome*, *lead*, *mercury*, *methylmercury*, *decline*, *heavy metals* AND *birds water*, no título, resumo e/ou nas palavras-chave. A busca foi realizada utilizando asterisco depois de todas as palavras, para que esta fosse feita com palavras no singular, plural e suas formas variantes. O operador de busca *OR* também foi utilizado para encontrar registros que continham as palavras *ecotoxicology*, *toxicity*, *cádmium*, *chrome*, *lead*, *mercury*, *methylmercury*, *decline*, *heavy metals* AND *birds water* ou ambas as palavras. O operador AND foi utilizado para encontrar registros que contivessem uma das palavras anteriores em associação com aves aquáticas, palavras com as quais a busca foi relacionada. Sendo assim a pesquisa foi realizada da seguinte forma: (ecotoxicology* OR toxicity* OR cádmium* OR chrome* OR lead* OR mercury* OR methylmercury* OR decline* OR heavy metals*) AND birds water.

Os artigos científicos encontrados nas duas bases de dados foram contabilizados, e quando uma mesma publicação era constatada em ambas as plataformas, esta era registrada apenas uma vez.

Em seguida, cada registro foi examinado para verificar sua relação com o foco desta pesquisa de forma que, para melhor explorar os artigos compilados, uma série de indicadores cienciométricos foram retirados e atribuídos ao conjunto de dados criados: a) ano de publicação, b) país da publicação, c) número de citações por ano, d) principais metais utilizados nos estudos publicados, e) ambientes estudados e f) taxonomia de famílias e espécies de aves aquáticas estudadas. Foram considerados para este estudo, apenas artigos que trabalharam com espécies de aves aquáticas.

Os estudos também foram classificados em categorias, pois quando se realiza uma pesquisa cienciométrica os sistemas de busca fazem uma varredura nas bases de dados estudadas e selecionam todos os artigos que contém em seu resumo, palavras chave ou corpo do texto, os termos previamente estabelecidos e inseridos juntamente com os elementos booleanos (OR, *, AND).

Dessa forma todo e qualquer artigo que contenha algum desses termos vai ser selecionado na busca, mesmo que o foco deste seja outro, que não o da pesquisa que esta sendo realizado.

Neste contexto os artigos que apresentaram um ou mais dos termos pesquisados, mas não continham o foco de interesse desta pesquisa, foram considerados “artigos genéricos”, sendo excluídos de nossa análise.

Mantivemos apenas os artigos que realizaram estudos voltados para o foco de nossa pesquisa, “artigos específicos”. Foram considerados para este estudo apenas artigos de pesquisa (*research articles*).

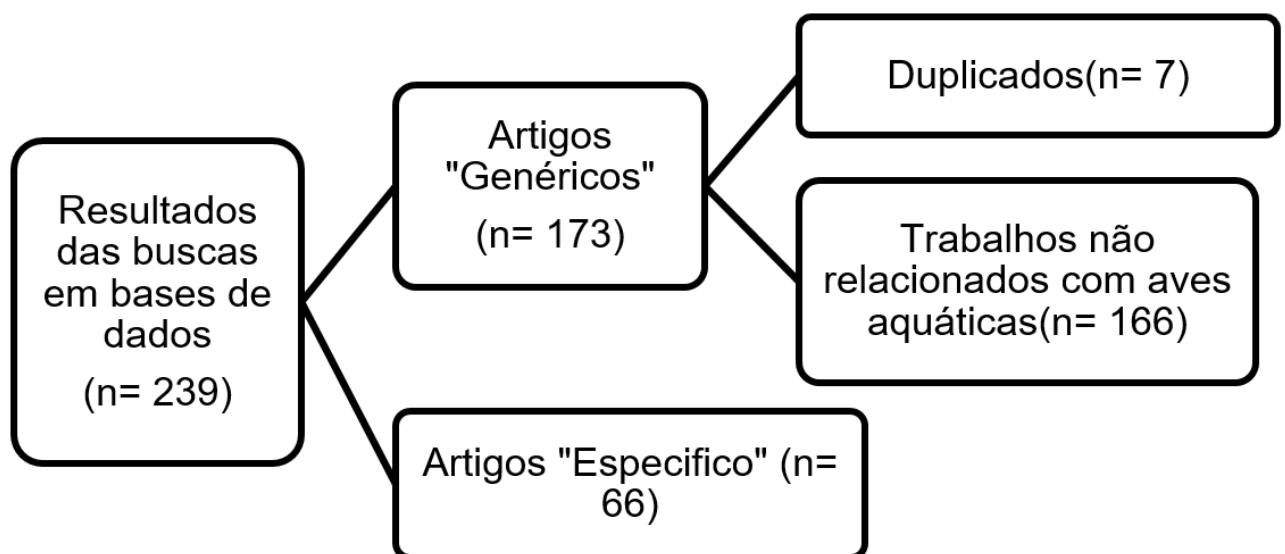
3. Resultados

Para os últimos 5 anos foram encontrados 239 artigos nas bases de dados pesquisadas. Com uma análise minuciosa destes trabalhos identificou-se que 7 deles estavam presente nas duas plataformas, acusando duplicidade. Dessa forma foram retirados da contagem geral, sendo contabilizados apenas uma vez.

Os outros 232 restantes, também foram analisados, constatando-se que 166 das publicações tratava-se de pesquisas relacionados à temática de contaminação por metais, porem utilizando outro tipo de organismo, como sentinela ambiental, que não aves aquáticas, como também estudaram métodos de conservação da biodiversidade e os impactos que as atividades diversas podem causar ao meio ambiente e seus compartimentos (solo, água, ar, fauna e flora), analisando aspectos numa escala macro e microscópica.

Com esta seleção minuciosa, obteve-se um total de 66 trabalhos com estudos de contaminação em aves aquáticas, através de algum tipo de metais pesados, metais ou metilmercúrio (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma da quantidade e etapas de artigos que analisaram efeitos ecotoxicológicos por metais em aves aquáticas.



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Os artigos analisados apresentaram uma variabilidade considerável em relação aos metais que foram estudados quanto a presença no organismo de aves aquáticas, totalizando 6 metais pesados, 11 metais e MeHg que foi considerado neste estudo por se tratar da forma orgânica do Hg.

Tivemos 13 elementos (mercúrio, chumbo, cádmio, cobre, zinco, cromo, níquel, arsênio, ferro, manganês, estrôncio, alumínio e cálcio) que se destacaram em relação ao número de estudos que os analisaram nas pesquisas ecotoxicológicas com aves aquáticas e tiveram 66, 35, 34, 26, 26, 19, 16, 12, 11, 9, 8, 7 e 7 respectivamente, assim como o metilmercúrio que foi analisado em 12 trabalhos.

Os metais (prata, cobalto, magnésio, escândio), foram estudados respectivamente em 3, 3, 3, 2, artigos. A Figura 3 ilustra a quantidade de artigos que analisaram os 18 metais nas pesquisas ecotoxicológicas, de forma que, quanto maior a forma retangular, maior o número de pesquisas que investigaram a presença do respectivo metal em aves de ambientes aquáticos.

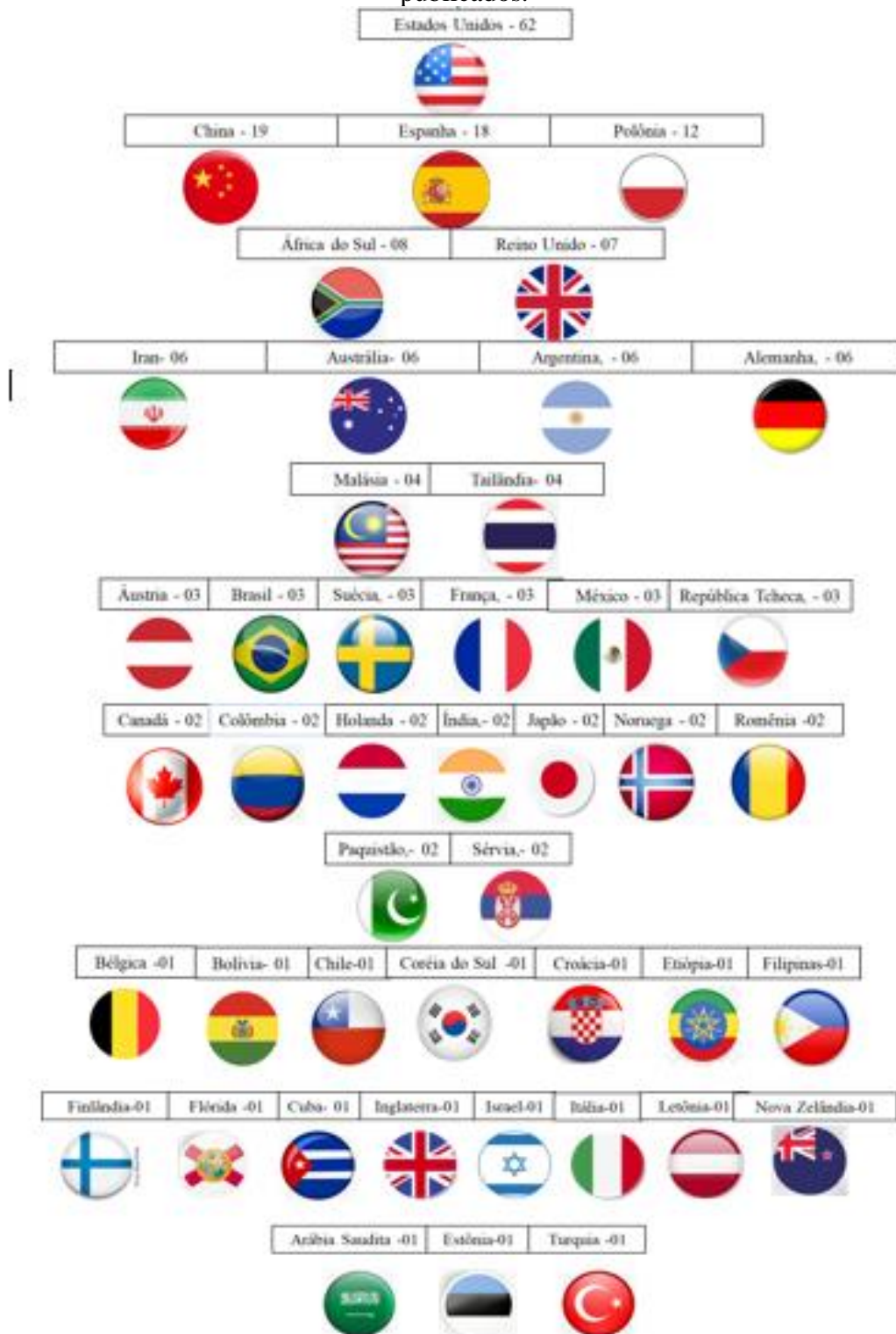
Figura 3 – Quantidade de publicações que analisaram metais em pesquisas ecotoxicológicas com aves aquáticas.



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Ao se analisara distribuição espacial dos artigos publicados foi possível observar que o maior número de publicações, ou seja, 62 são de origem dos Estados Unidos da América. Estes números de publicações foram seguidos pela China, Espanha, Polônia com 19, 18 e 12, respectivamente (Figura 4).

Figura 4 - País de origem e número de artigos publicados.

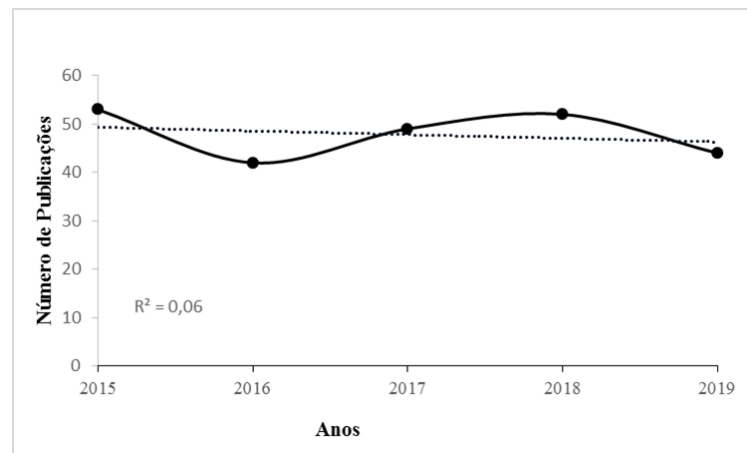


Fonte: Elaboração dos autores /2020, através de imagens ilustrativas retiradas do google imagens (2020).

Ao se analisar os artigos encontrados no período de 2015 a 2019, foi possível observar um declínio no número de publicações envolvendo análises dos efeitos de metais em espécies de

aves aquáticas, como pode observar no ajuste de modelo de regressão linear ($R= 0,06$) que demonstra uma relação não significativa entre os anos e número de publicações (Figura 5).

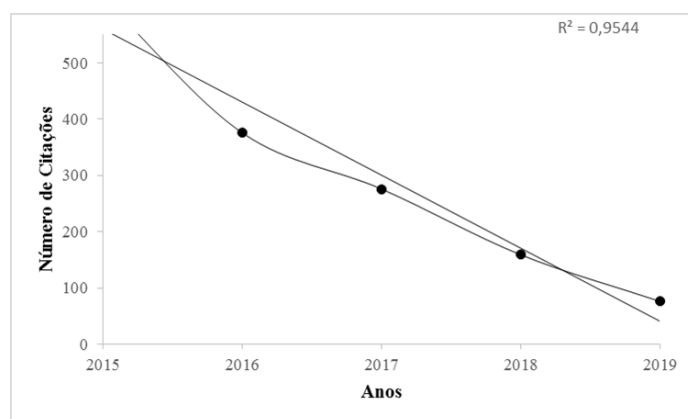
Figura 5 – Variação temporal no número total de publicações entre 2015 a 2019, como termos *ecotoxicology*, *toxicity*, *cadmium*, *chrome*, *lead*, *mercury*, *methylmercury*, *decline*, *heavy metals*.



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Em relação ao número de citações por publicações é possível observar artigos de 2015 com 616 citações, 2016 com 376 citações, 2017 com 193 citações, 2018 com 159 citações e 2019 com 76 citações. Foi possível verificar uma relação significativa entre o tempo de publicação e o número de citações, comprovado pelo ajuste de modelo de regressão exponencial ($R= 0,9544$) (Figura 6).

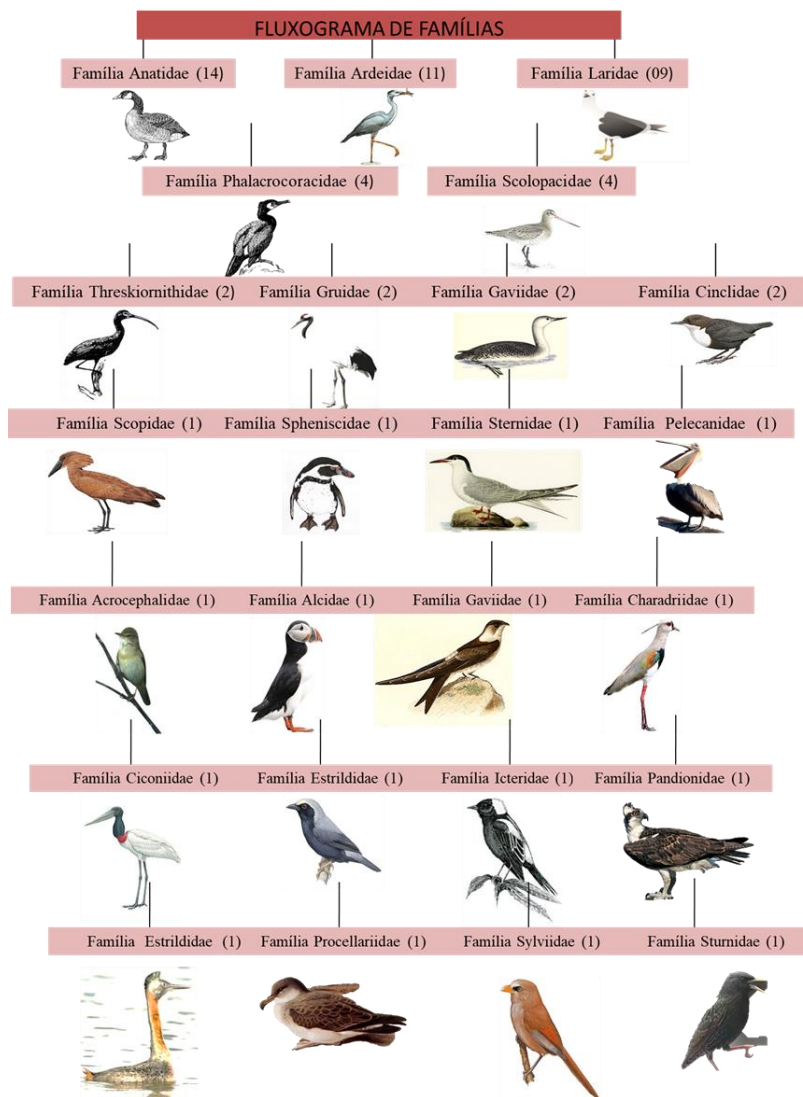
Figura 6 - Número de citações por ano nas publicações que continham os termos: *ecotoxicology*, *toxicity*, *cadmium*, *chrome*, *lead*, *mercury*, *methylmercury*, *decline*, *heavy metals*.



Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Dentre os trabalhos analisados, foram estudadas 25 famílias de aves (Figura 7). Essas famílias foram selecionadas pelos autores dos estudos ecotoxicológicos por utilizarem locais para o forrageamento ou reprodução em alguma época do ano, ou habitam ambientes potencialmente contaminados por áreas adjacentes que apresentam de grau baixo a alto de poluição, por metais.

Figura 7 – Fluxograma das famílias de aves aquáticas estudadas com os termos: *ecotoxicology*, *toxicity*, *cadmium*, *chrome*, *lead*, *mercury*, *methylmercury*, *decline*, *heavy metals*.



Fonte: Elaboração dos autores (2020), através de imagens ilustrativas retiradas do google imagens (2020).

Das 25 famílias estudadas, obtivemos um total de 66 espécies. A família Anatidae apresentou 14 espécies envolvidas nos estudos ecotoxicológicos (*Somateria mollissima*, *Netta*

rufina, *Anas clypeata*, *Anas fulvigula*, *Anas platyrhynchos*, *Anser albifrons*, *Anser anser*, *Anser cygnoides*, *Aythya affinis*, *Aythya collaris*, *Branta canadensis*, *Coscoroba sp*, *Cygnus sp*, *Mergus octosetaceus*); a família Ardeidae 11 espécies (*Ardea cinerea*, *Ardea purpurea*, *Ardea alba*, *Ardea herodia*, *Botaurus poiciloptilus*, *Butorides virescens*, *Egretta caerulea*, *Egretta garzetta*, *Egretta thula*, *Nycticorax nycticorax*, *Pilherodius pileatus*); a família Laridae 9 espécies (*Chroicocephalus ridibundus*, *Larus argentatus*, *Larus argentatus smithsonianus*, *Larus californicus*, *Larus delawarensis*, *Larus fuscus*, *Larus heuglin*, *Larus marinus*, *Larus michahellis*); a família Phalacrocoracidae com 4 espécies (*Phalacrocorax atriceps*, *Phalacrocorax auritus*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Phalacrocorax carbo*); a família Scolopacidae também com 4 espécies (*Actitis macularia*, *Calidris melanotos*, *Gallinago delicata*, *Philomachus pugnax*); a família Threskiornithidae com 2 espécies (*Plegadis falcinellus*, *Threskiornis aethiopicus*); a família Gruidae com 2 espécies (*Bugeranus carunculatus*, *Grus japonensis*); a família Gaviidae com 2 espécies (*Gavia arctica*, *Gavia immer*); a família Cinclidae também com 2 espécies (*Cinclus cinclus*, *Cinclus mexicanus*).

As demais famílias apresentaram apenas 1 espécie estudada: família Sternidae (*Sterna hirundo*); família Acrocephalidae (*Acrocephalus paludicola*); família Apodidae (*Apus apus*); família Pandionidae (*Pandion haliaetus*); família Icteridae (*Agelaius phoeniceus*); família Charadriidae (*Charadrius nivosus*); família Ciconiidae (*Mycteria cinerea*); família Pelecanidae (*Pelecanus onocrotalus*); família Estrildidae (*Taeniopygia guttata*); família Spheniscidae (*Eudyptula minor*); família Procellariidae (*Fulmarus glacialis*); família Sylviidae (Louisiana Waterthrush); família Podicipedidae (*Podiceps cristatus*); família Scopidae (*Scopus umbretta*); família Turdidae (*Hylocichla mustelina*); família Alcidae (*Alca torda*).

Em relação aos ambientes estudados, encontramos uma variação de cinco ecossistemas onde as pesquisas se distribuíram em: rios em ambientes naturais, rios em perímetro urbano, lagos, lagoas e ambiente marinho que foram ou estão sendo contaminadas por metais.

Dentre os estudos analisados 23 utilizaram as penas como modelo analítico para os testes ecotoxicológicos sobre a bioacumulação de metais em aves aquática, 9 utilizaram o fígado, 8 utilizaram ovos, 3 analisaram conteúdo estomacal, 3 o coração, 3 o solo, 2 o encéfalo, 2 sangue e os trabalhos que analisaram metais em unhas, rim, ossos, pulmão, filhotes, fezes e água apresentaram apenas 1 estudo cada, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização do acervo desta revisão sobre o tipo de amostra analisada quanto a presença de metais e metilmercúrio no organismo de aves aquáticas.

| Amostras Analisadas | Ambiente de coleta | Quantidade de Estudos | Autor | Metais analisados |
|----------------------------|---|------------------------------|--|---|
| Pena | Rio em ambientes naturais; Rio em perímetro urbano; Lago; Lagoa e Ambiente marinho | 23 | Clarkson et al., (2011); Ackermam et al., (2015); Mallory et al.,(2015); Luo et al., (2015); Buck et al., (2016); Weiss-Penzias et al., (2016); Eagles-Smith et al., (2016); Ackerman et al., (2016); Irene et al.,(2017); Burgos-Nunez et al., (2017); Fuchsman et al.,(2017); Renedo et al., (2017); Plessl et al., (2017);Einoder et al., (2018); Dolgova et al., (2018); Howie et al., (2018); Kitowski et al., (2018); Medunic et al., (2018); Durmus (2018); Lazaro et al., (2018); Zabala et al., (2019); Sujak et al., (2019); Bustox et al.,(2019). | Mercúrio (Hg), Metilmercúrio (MeHg), Zinco (Zn), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Cadimio (Cd), Chumbo (Pb), Ferro (Fe), Estrôncio (Sr), Níquel (Ni) e Manganês (Mn). |
| Fígado | Rio em ambientes naturais; Rio em perímetro urbano; Lago; Lagoa e Ambiente marinho | 9 | Neto,(2015); Elliott et al., (2015); Godwin et al., (2016); Blukacz-Richards et al., (2017); Irena et al., (2017); Morran et al., (2018); Faeth e Goettlein (2019); Hebert (2019); Buxton et al., (2019). | Mercúrio (Hg), Arsenio (As), Cadimio (Cd), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni), e Zinco (Zn). |
| Ovo | Rio em ambientes naturais e Ambiente marinho | 8 | Sánchez-Virosta et al., (2015), Gann et al., (2015); Orłowski et al., (2016); Mirowski, (2016); Rubio et al., (2016); Irena et al.,(2017); Peterson et al., (2017); Lavoie e Campbell (2018). | Mercúrio(Hg) Metilmercúrio (MeHg), Zinco (Zn), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Ferro (Fe), Estrôncio (Sr), Níquel (Ni), Manganês (Mn), Cobalto(Co) e Alumínio (Al). |
| Coração | Rio em ambientes naturais e Lago | 3 | Orłowski et al., (2016); Mirowski, (2016); Peterson et al., (2017). | Cádmio (Cd). |
| Conteúdo estomacal | Ambiente marinho | 3 | Kabata-Pendias e Szteke (2015); Rzetala (2016); Sandoval, Mora & Rech (2019). | Alumínio (Al), Manganês (Mn), Níquel (Ni), e Mercúrio (Hg). |
| Solo | Rio em perímetro urbano | 3 | Elliott et al., (2015); Godwin et al., (2016); Yohannes et al., (2017). | Mercúrio (Hg), Arsênio (As), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Colbalto (Co), Cromo (Cr) , Cobre (Cu) Níquel (Ni), e Zinco (Zn). |
| Bioacumulação | | 3 | Zhang et al., (2016); Kickbush et al., (2018); Luo et al., (2019). | Mercúrio (Hg) |
| Encéfalo | Rio em perímetro urbano | 2 | Rzetala (2016); Rahmam et al., (2017). | Alumínio (Al), Manganês (Mn), Níquel (Ni) e Mercúrio (Hg). |

| | | | | |
|---------|--|----|---|---|
| Sangue | Rio em perímetro urbano e lagoa | 2 | Neto, (2015); Elliott et al., (2015). | Mercúrio (Hg) e Chumbo (Pb). |
| Rim | Lago | 1 | Irena et al., (2017). | Estrôncio (Sr) e Cálcio (Ca). |
| Osso | Lago | 1 | Irena et al., (2017). | Estrôncio (Sr) e Cálcio (Ca). |
| Unha | Rio em ambientes naturais | 1 | Grajewska et al., (2019). | Mercúrio (Hg). |
| Pulmão | Lago | 1 | Zarski et al., (2015). | Mercúrio (Hg). |
| Filhote | Rio em perímetro urbano | 1 | Sánchez-Virosta et al., (2015). | Chumbo (Pb), Cádmiio (Cd) e Cromo (Cr). |
| Músculo | Rio em ambientes naturais, Lagoas e Ambiente Marinho | 12 | Brooks, Joshua e Muphy (2015); Zarsky et al., (2015); Majidi, Bahramifar e Seyed (2015); Gann et al., (2015); Ruus et al., (2015); Szumilo et al., (2016); Irena et al., (2017); Rahman et al., (2017); Whitney e Cristol (2017); Kral et al., (2017); Mallory et al., (2018) Rutkowska at al., (2019); | Mercúrio (Hg), Arsênio, (As), Cádmiio (Cd), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Zinco (Zn)e Metilmercúrio (MeHg). |
| Fezes | Ambiente Marinho | 1 | Dedo et al., (2017). | Arsênio, (As), cadmio (Cd), Mercúrio (Hg), Chumbo (Pb) |
| Água | Rio em ambientes naturais | 1 | Eagles-Smith et al., (2016) | Mercúrio (Hg) e Metilmercúrio (MeHg). |

Fonte: Elaboração dos autores (2020).

Dentre os trabalhos analisados teve-se uma variabilidade de ambientes aquáticos contaminados por metais, demonstrando o quanto esses compostos químicos são dinâmicos no quesito contaminação, podendo atingir os ecossistemas e suas comunidades.

4. Discussão

Em um cenário no qual a influência da ação humana sobre o ambiente pode ser avaliada pelas medições de metais pesados nos solos, plantas e animais, a avaliação de poluentes em diferentes componentes do ecossistema tornou-se uma tarefa importante na prevenção dos impactos sobre a vida natural e humana.

Os resultados encontrados neste estudo evidenciam a importância das plataformas indexadoras de artigos científicos, pois as mesmas possibilitam que o conhecimento produzido nas academias ultrapasse as barreiras geográficas que dividem os países, proporcionando, que diversas partes do mundo conheçam o cenário científico a respeito de um determinado assunto. Desta forma, os resultados deste estudo demonstram a importância

que as pesquisas relacionadas à contaminação por metais em aves de regiões alagadas possuem e indicam uma preocupação por parte da comunidade científica evidenciado pelo aumento ao longo dos anos do número de artigos sobre a avaliação de efeitos deletérios causados por metais em vários organismos, com destaque para as aves aquáticas utilizando diferentes amostras, tais como pena, ovos, fígado, músculo, e rim (Bustox, et al., 2019, Burgos-Nunez, et al., 2017).

O aumento das publicações voltadas aos estudos ecotoxicológicos em ambientes aquáticos aumentaram significativamente nos últimos anos e são importantes por fornecerem informações relacionadas aos efeitos que um determinado produto químico lançado no meio ambiente pode ter sobre indivíduos, populações e comunidades de organismos, além de se conhecer como o homem pode ser afetado.

Os trabalhos publicados no período de 2015 a 2019 sobre o impacto dos metais em aves aquáticas, descritos no presente estudo, evidenciam contaminação por mercúrio, chumbo, cádmio, cobre, zinco, cromo, níquel, arsênio, ferro, manganês, estrôncio, alumínio, cálcio, prata, cobalto, magnésio, escândio que podem causar danos ao meio ambiente devido à persistência no ecossistema.

O metilmercúrio foi contabilizado neste trabalho, pois de acordo com Bisinoti & Jardim (2004) as atividades microbianas resultam na metilação do mercúrio, produzindo metilmercúrio que possui capacidade de ser bioacumulado, sendo particularmente tóxico e solúvel, podendo se concentrar na cadeia alimentar aquática, principalmente em peixes que são alimentos de aves aquáticas, ou ser adicionalmente metilado por microrganismos.

Weiss-Penzias, et al., (2016) apontam que os Estados Unidos, possuem o maior número de pesquisas relacionadas a toxicidade do mercúrio (Hg) para a saúde humana e vida selvagem, demonstrando que os metais provenientes em grande parte pelas de usinas a carvão no Centro-Oeste do país, vem causando impactos nos ecossistemas aquáticos e por conseguinte animais que os habitam.

O Brasil, até 2019, nas duas bases investigadas, apresentou poucos trabalhos científicos envolvendo estudos ecotoxicológicos sobre metais em aves de ambientes limnicos. Dado alarmante, visto que, de acordo com Silva, et al., (1998) os resíduos líquidos provenientes das atividades garimpeiras exercidas no Brasil são lançadas diretamente nas redes de drena em e atingem os compartimentos naturais sem o devido tratamento.

Santos (2005) aponta que a região Centro-Oeste do Brasil, mais especificamente o estado do Mato Grosso apresenta, historicamente, relativo destaque no que se diz respeito à extração garimpeira no país.

Dessa forma, diante da importância que as áreas úmidas possuem e frente às ameaças que esses espaços têm sofrido na contemporaneidade, foi realizado em Ramsar, no Irã, em 1972 a Convenção sobre Zonas Úmidas de importância internacional especialmente como habitat de aves aquáticas, cujo decreto foi promulgado pelo Brasil em 1996, tornando-se signatário dos acordos estabelecido se e busca a proteção integral desses ambientes para sua preservação e manutenção da biodiversidade para as gerações atuais e futuras (Brasil, 2017). No entanto, os esforços promovidos para a proteção dessas áreas não tem impedido que atividades de extrativismo mineral nesta região atinjam a biota do Pantanal, pois pesquisas detectaram níveis relevantes de mercúrio em sedimentos e água de ecossistemas pantaneiros (Vieira & Alho, 2004).

A preocupação em relação a esses contaminantes ambientais é apontada por Zhang, et al., (2016), pois embora as emissões atmosféricas de Hg pareçam ter diminuído nos últimos anos, os resultados encontrados pelos autores apontam que vida selvagem ainda é vulnerável aos efeitos neurotóxicos do mercúrio. Os estudos realizados por Eagles-Smith, et al., (2016) relataram que em ecossistemas de água doce, o mercúrio esteja disponível para organismos aquáticos na forma de metilmercúrio (MeHg).

Luo, et al., (2019) relatam que aves aquáticas podem ser consideradas ótimos modelos biológicos, constituindo um grupo de grande importância nas avaliações de toxicidade ambiental, principalmente pelo fato de ocuparem um alto grau nos níveis tróficos da cadeia alimentar, e por estarem presentes em diferentes tipos de ambientes.

Kickbush, et al., (2018) demonstraram que a preferência por organismos vivos para análise de poluentes, ao contrário da análise dos poluentes no meio abiótico, torna-se mais chamativa, visto que organismos vivos podem fornecer informações precisas sobre a biodisponibilidade de poluentes e de sua ampliação e bio-transferência.

Diversos animais têm sido utilizados como bioindicadores da presença de metais pesados no ambiente e estes podem produzir informações importantes sobre o ambiente como um todo ao redor de cada local de amostragem, não só sobre biodisponibilidade de contaminantes, mas também sobre como, onde e quando estes são transferidos dentro da cadeia alimentar (Jager, et al., 1996).

Em estudos realizados com amostras de penas de aves aquáticas (Plessl, et al., 2017; Einoder, et al., 2018; Howie, et al., 2018; Dolgova, et al., 2018 ; Fuchsman, et al., 2017; Renedo, et al., 2017) encontraram níveis significativos de mercúrio, demonstrando a relevância de se utilizar aves como bioindicadores de contaminação por metais,

provavelmente por estarem no topo predatório, serem sensíveis a produtos tóxicos, por responderem a mudanças sutis no ambiente, e também pela alta taxa metabólica.

Os resultados encontrados por Zabala, et al., (2019) reforçam a eficácia da utilização de penas de aves aquáticas na bioindicação de contaminação por metais sugerindo que aves de ambientes límnicos podem ser consideradas um grupo de risco nesse sistema devido a biomagnificação ao longo da cadeia trófica.

Para Sujak, et al., (2019) analisando a presença de mercúrio (Hg), Zinco(Zn), cromo (Cr), cobre (Cu) cádmio (Cd) e chumbo (Pb) e Gil-Sanchez, et al.,(2018) analisando mercúrio, chumbo, cádmio em penas de aves de ambientes alagados, demonstram que os metais são poluentes persistentes que podem ser bioacumulados nas guildas tróficas, tornando-se cada vez mais perigosos para a saúde humana e animais, sugerindo que a poluição por metais pesados pode acarretar disfunção reprodutiva nas aves, como diminuição no tamanho da ninhada, diminuição da fertilidade, falha na incubação e má formação da casca de ovo por mercúrio, chumbo e cádmio.

Nas pesquisas realizadas por Einoder, et al., (2018) onde analisaram a presença de arsênio, cobre, mercúrio, zinco e chumbo em aves aquáticas e Kitowski, et al., (2018) analisando a presença de ferro, zinco, cobre, cromo estrôncio e mercúrio também em aves de sistemas límnicos evidenciam resultados positivos na detecção de metais em penas de aves aquáticas, indicando que a utilização da plumagem é um bom mecanismo para avaliar a contaminação ambiental e pode refletir os efeitos nocivos sobre o ambiente.

Luo, et al., (2015) analisando a presença de cobre, zinco, chumbo e cromo; Buck, et al., (2016) analisando mercúrio; Medunic, et al., (2018) analisando arsênio, cádmio, cobre, cromo, mercúrio, chumbo, estrôncio, zinco e vanádio, detectaram em penas de aves aquáticas, que alguns metais podem causar a morte e envenenamento de muitos animais, e podem se acumular de acordo ao nível trófico onde se encontram.

Durmus (2018) utilizou amostras de penas para a detecção de chumbo, cádmio, cromo, níquel, cobre, manganês, ferro e zinco, e seus resultados sugerem que que ambientes de águas doces artificiais ou naturais, como lagos e rios, estão entre os mais ameaçados, e suas interações e funções ainda são pouco compreendidas, havendo a necessidade de mais estudos no que refere à biota destes ecossistemas límnicos para que se possa minimizar os impactos ambientais negativos gerados pela inserção de metais na cadeia trófica de aves aquáticas.

Para Clarkson, et al., 2011; Lázaro, et al., 2018; Ackerman, et al., 2015; Mallory, et al., 2015 e Ackerman, et al., 2016 a detecção de mercúrio e metilmercúrio nas penas de aves aquáticas indicam que esses animais tem bioacumulado e biomagnificado substâncias tóxicas

lançados no meio aquático, que podem gerar consequências nos indivíduos e atingir todo o nível trófico.

Segundo Maddux, et al., (2015) ao estudar mercúrio, cádmio e cromo e Legler, et al., (2015) estudando mercúrio em penas, os ambientes aquáticos são elos importantes para se identificar a contaminação por metais em animais topo de cadeia, pois a existência de metais pesados em altas concentrações no organismos dessas aves podem gerar efeitos diversos na reprodução, favorecendo o declínio considerável da população avícola. A vista disto, Irene, et al., (2017) relatam em seus estudos que as penas tiveram as maiores concentrações de estrôncio (Sr). Evidenciando assim, que o aproveitamento desta estrutura epidérmica é bastante vantajoso para a detecção de metais e são importantes instrumentos nas pesquisas ecotoxicológicas.

A presença de diversas substâncias de origem antrópica no ambiente pode afetar diversos níveis de organização biológica. Neto (2015) estudando mercúrio e chumbo; Elliott, et al., (2015) estudando mercúrio, Ackerman, et al., (2015) estudando metilmercúrio; (Godwin, et al., 2016) estudando níquel, cádmio e chumbo; (Yohannes, et al., 2017) estudando mercúrio, arsênio, cádmio, chumbo, cobalto, cromo, cobre, níquel, selênio e zinco no tecido hepático de aves detectaram efeitos letais e sub-letais da bioacumulação decorrente desses poluentes antrópicos.

Blukacz-Richards, et al., (2017) obtiveram em seus estudos, resultados que indicaram efeitos tóxicos de mercúrio no fígado de aves que segundo os autores, sempre foram considerados como eventos de curto prazo, agudos e evidentes. Atualmente, Faeth & Goettlein, (2019) analisando chumbo, zinco e cobre encontraram a ocorrência de efeitos a médio e longo prazo, embora as relações causa-efeito são pouco evidentes e quase sempre subclínicas, consequentemente causando alterações no fígado, o que sugerem os autores, comprometeria a vida destes animais (Thompson, et al., 2005; Bannigan, 2007; Thompson, et al., 2008).

Geralmente esses efeitos são difíceis de serem distinguidos e perdem em especificidade, pois podem ser provocados por outras substâncias tóxicas ou por interações entre esses agentes químicos. Assim, segundo Gomez (2006) em estudos sobre os efeitos do chumbo e cádmio no tecido hepático de aves aquáticas os mesmos encontraram distúrbios na formação de tecidos e órgão em aves contaminadas com estes dois metais durante o desenvolvimento embrionário.

Os estudos realizado por Morran, et al., (2018) com metilmercúrio ressaltam a importância da utilização do fígado nos estudos ecotoxicológicos com aves uma vez que, este

órgão está relacionado com funções importantes no organismo, tais como a regulação do metabolismo de vários nutrientes (proteínas, carboidratos e lipídios), síntese de proteínas e outras moléculas, degradação de hormônios, armazenamento de substâncias, excreção de substâncias tóxicas. Estes elementos podem ser encontrados em altas concentrações como relata Hebert (2019), quando detectaram mercúrio, chumbo e cádmio no fígado e sangue de aves aquáticas, ressaltando que num futuro próximo essas taxas altas de metais podem ocasionar disfunção desses tecidos.

Outro órgão importante na excreção de substâncias tóxicas no organismo é o rim, os resultados encontrados por Irena, et al., (2017) indicam a capacidade desse órgão em absorver altas concentrações de mercúrio, zinco e manganês, porém o zinco é o metal que mais se concentra nos rins provavelmente devido a atividade de filtração deste órgão.

Efeitos importantes relacionados a toxicidade pela presença de metais em aves também são relatados em estudos que detectaram alterações no sistema cardiovascular (Peterson, et al., 2017; Orłowski, et al., 2016; Mirowski, 2016) autores como (Sánchez-Virosta, et al., 2015, Thomposon, et al., 2015) observaram ainda alterações decorrentes da presença de metais que comprometia o sistema respiratório de filhotes contaminados e provocavam disfunções no pulmão

Metais podem causar anormalidades neurológicas e de comportamento, atraso no desenvolvimento, malformações, anormalidades dos membros, anomalias em alguns órgãos, morte, entre outros defeitos congênitos e fisiológicos como indicam os resultados de Gilbert (2003) que estudou cádmio, chumbo e mercúrio e Thompson, et al., (2005) que investigaram os efeitos do cadmio em ovos de aves de ambientes limnicos.

Gann, et al., (2015) observaram alterações na parede do corpo dos filhotes de *Taeniopygia guttata*, ocorridas pela mudança das propriedades das células, quando analisaram efeitos da toxicidade do mercúrio em ovos. Lavoie & Campbell (2018), também encontraram uma alta concentração de Hg em ovos de aves e correlacionaram com possíveis defeitos congênitos.

Na identificação de transferência de contaminantes em aves aquáticas, foram realizados estudos minuciosos da dieta deste grupo de aves, pois se mostrou um importante fator.

Rahmam, et al., (2017) e Rubio, et al., (2016) demonstraram que o consumo de presas aquáticas é responsável por 90% da exposição a metais como Pb, Cd e Cr no meio ambiente. Todavia, Liu, et al., 2015, não encontraram uma correlação positiva da dieta com o nível de concentração de Cd e Pb, nas aves aquáticas, provavelmente devido as doses de metais

ingeridas através de itens alimentares serem baixas. Apesar disso, analisar a dieta de aves como modelos para pesquisas ecotoxicológicas é fundamental para que se tenha dimensão de contaminações a diferentes níveis tróficos (Rzetala, 2016).

Os resultados encontrados por Sandoval, Mora & Rech (2019) analisando alumínio, manganês, níquel, cobre selênio e mercúrio em aves aquáticas evidenciou a sensibilidade desses animais a ambientes altamente poluídos, os metais analisados nesta pesquisa indicaram a ter capacidades de provocar efeitos deletérios diretos sobre as funções reprodutivas dessas aves.

Nesse interim, aves aquáticas provaram ser excelentes sentinelas no monitoramento de ambientes contaminados por metais e são constantemente afetadas devido grande partes dos metais pesados, serem persistentes nos sedimentos em no perifíton de macrófitas (Lázaro, et al., 2019) e capazes de acumular em grandes quantidades (Kabata-Pendias & Szteke, 2015).

Analisando os 66 trabalhos que tinham como intuito diagnosticar a presença de metais com potencial de bioacumulação e biomagnificação em aves que habitam diferentes ambientes alagados, os mesmos demonstraram que todos os modelos de detecção utilizados apresentaram eficácia e que as 25 famílias das 66 espécies de aves estudadas tiveram ao menos um órgão/tecido/estrutura (músculo, penas, fezes, conteúdo estomacal, sangue, ovos) contaminado por um dos 18 tipos de metais.

Esta variação espectral de matrizes ambientais encontradas nos artigos analisados: rios em ambientes naturais, rios em perímetro urbano, lagos, lagoas e ambiente marinho, demonstraram o quanto os metais podem ser dinâmicos no quesito contaminação, podendo atingir os componentes ambientais e suas comunidades.

Os metais pesados podem se enquadrar como poluentes conservativos, pois não se degradam com facilidade e acabam permanecendo no local por longos períodos, e por não serem excretados com agilidade, esses elementos se biomagnificam nos organismos ao longo do nível trófico, inclusive nas aves que são consideradas como predadores superiores. Como consequência os efeitos da biomagnificação nas aves, em altas concentrações levam ao óbito e/ou prejudica a reprodução da espécie, podendo causar declínios populacionais consideráveis (Clark, 2001; Maddux, et al., 2015, Legler, et al., 2015).

Sendo assim, os 66 trabalhos que investigaram a contaminação de aves aquáticas por meio de metais, com o propósito de descobrir se os mesmos tinham potencial de bioacumulação e biomagnificação, ao longo do nível trófico a respeito de populações de aves que tenham diferente habitats aquáticos, mostram que o conjunto de método e procedimentos de detecção de metais no organismo de aves de ambientes limnicos apresentaram eficácia para

pelo menos um dos 18 tipos de metais estudados nas pesquisas encontradas quanto, à contaminação em aves aquáticas. Dessa forma, a possível ocorrência do declínio da população de aves que habitam esses ambientes poderá estar relacionada a contaminação por metais.

5. Considerações Finais

Os estudos que analisaram os efeitos dos metais como ferro, zinco e cálcio que são elementos importantes para o organismo, indicaram que esses elementos em altas concentrações podem comprometer a fisiologia das aves uma vez que, a ingestão crônica de grande quantidade na dieta pode acarretar na sua estocagem no fígado e em outros tecidos de várias espécies vertebradas.

Os resultados encontrados pelos autores que realizaram estudos ecotoxicológicos com o metais cromo, alumínio, prata, cobalto, níquel, escândio, arsênio, estrôncio apresentados nesta pesquisa, demonstram que esses elementos químicos e seus compostos derivados são capazes de comprometer a sobrevivência, capacidade de forrageamento das aves em seu ambiente natural, prejudicando também o desenvolvimento morfológico, o que poderia diminuir a possibilidade de sucesso reprodutivo, e, portanto, contribuir para o declínio e uma das populações de aves.

Todos os metais pesados, mercúrio, cádmio, chumbo, magnésio, manganês e cobre demonstrados nos resultados dos artigos analisados são agentes teratogênicos e causam atraso no desenvolvimento embrionário e alterações morfológicas, sobretudo afetam o desenvolvimento do sistema nervoso.

O mercúrio um dos metais mais estudado e seus efeitos afetam também os sistemas cardiovascular, respiratório, digestório, tegumentar e sensorial, além de estar relacionado com maiores índices de mortalidade.

O metilmercúrio por ser a forma orgânica do mercúrio corresponde a uma potente neurotoxina, assim, é uma importante toxina ambiental e seu acúmulo é um grande problema em lagos e rios de água doce, onde níveis aumentados de metilmercúrio foram observados em aves aquáticas.

Nessa perspectiva, é de suma relevância a elaboração de trabalhos voltados a temática de impactos de metais acerca de comunidade de aves aquáticas, certificando-se que esta problemática se estende globalmente e que precisa-se de uma atenção maior.

As análises realizadas nos artigos investigados neste estudo dão suporte para a pesquisas que busquem averiguar se os metais causam efeitos deletérios à população de aves aquáticas e se, associados a outros fatores podem provocar o declínio dessas populações.

Pesquisas científicas que investiguem o cenário da contaminação ambiental podem servir para ajudar legisladores e administradores da ciência a desenvolver políticas satisfatórias relacionadas às pesquisas a respeito da saúde de aves aquáticas no mundo e a conservação da biodiversidade do Planeta.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro através da concessão de bolsa de Iniciação Científica, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), pelo auxílio financeiro através da concessão de bolsa de mestrado e doutorado.

Referências

Ackerman, J. T., Eagles-Smith, C. A., Herzog, M. P., Hartman, C. A. (2015). Maternal transfer of contaminants in birds: Mercury and selenium concentrations in parents and their eggs. *Environmental Pollution* 210, 145-154.

Ackerman, J. T., Eagles-Smith, C. A., Herzog, M. P., Hartman, C. A., Peterson, S. H., Evers, D. C., & Bryan, C. E. (2016). Avian mercury exposure and toxicological risk across western North America: a synthesis. *Science of the Total Environment*, 568, 749-769.

Andres, B. A., Smith, P. A., Morrison, R. I. G., Grato-trevor C. L., Brown, S. C., & Friis, C. A. (2013) Population estimates of North American shorebirds. *Wader Study Group Bulletin* 119(3), 178-194.

Baker, A. J., Gonzalez, P. M., Piersma, T., Niles, L. J., de Lima Serrano do Nascimento, I., Atkinson, P. W., & Aarts, G. (2004). Rapid population decline in red knots: fitness consequences of decreased refuelling rates and late arrival in Delaware Bay. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(1541), 875-882.

Baker, A. J., Gonzalez, P. M., Serrano, I. L., Júnior, W. R. T., Efe, M. A., Rice, S., D'amico, V. L., Rocha, M. C., Chave, E. M. E. (2005) Assessment of the wintering área of red Knots in Maranhão, northern Brazil, in February 2005.

Bannigan, A., Scheible, W. R., Lukowitz, W., Fagerstrom, C., Wadsworth, P., Somerville, C., & Baskin, T. I. (2007). A conserved role for kinesin-5 in plant mitosis. *Journal of cell science*, 120(16), 2819-2827.

Baykov, B. D., Stoyanov, M. P., & Gugova, M. L. (1996). Cadmium and lead bioaccumulation in male chickens for high food concentrations. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 54(1-4), 155-159.

Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2010). *Fundamentos de ecologia*, Editora Artmed, 476 – 477.

Bervoets, L., Voets, J., Covaci, A., Chu, S., Qadah, D., Smolders, R., & Blust, R. (2005). Use of transplanted zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) to assess the bioavailability of microcontaminants in Flemish surface waters. *Environmental science & technology*, 39(6), 1492-1505.

Bisinoti, M. C., & Jardim, W. F. (2004). O comportamento do metilmercúrio (metilHg) no ambiente. *Quim. Nova*, 27(4), 593-600.

Blukacz-Richards, E. A., Visha, A., Graham, M. L., McGoldrick, D. L., de Solla, S. R., Moore, D. J., & Arhonditsis, G. B. (2017) Mercury levels in herring gulls and fish: 42 years of spatio-temporal trends in the Great Lakes. *Chemosphere*, 172, 476-487.

Brasil Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (2017). Ministério do Meio Ambiente. Plano de manejo da Estação Ecológica de Taiamã. Brasília: *Ministério do Meio Ambiente*.

Brooks, L. J., Campbell, J. W., & Murphy, J. W. (2015). Bioaccumulation of mercury in Wilson's snipe from Alabama. *Human-Wildlife Interactions*, 9(2), 16.

Brum, B. R., D'Ávila R. S., Sguarezi, S. B., Santos-Filho, M., & Ignácio, A. R. A. (2020). Temporal analysis of the use of birds, as environmental sentinels in the monitoring of contamination by pesticides. *Research, Society and Development*, 9(7), 1-26.

Buck, K. A., Varian-Ramos, C. W., Cristol, D. A., & Swaddle, J. P. (2016). Blood mercury levels of zebra finches are heritable: implications for the evolution of mercury resistance. *PloS one*, 11(9).

Burger J., & Gochfeld, M. (1995). Growth and behavioral effects of early postnatal chromium and manganese exposure in herring gull (*Larus argentatus*) chicks. *Pharmacol Biochem Behav*, 50, 607-612.

Burger J., & Gochfeld, M. (1997). Heavy metal and selenium concentrations in feathers of egrets from Bali and Sulawesi, Indonesia. *Arch Environ Contam Toxicol* 32, 217-221.

Burger, J., & Gochfeld, M. (2000). Metal levels in feathers of 12 species of seabirds from Midway Atoll in the northern Pacific Ocean. *Science of the Total Environment*, 257(1), 37-52.

Burger, J., & Gochfeld, M. (2002). Effects of chemicals and pollution on seabirds. *Biology of marine birds*, 485-525.

Burger J., & Gochfeld M. (2004). Marine birds as sentinels of environmental pollution. *EcoHealth*, 1, 263-274.

Burger J., & Gochfeld M. (2005). Effects of lead on learning in herring gulls: An avian wildlife model for neurobehavioral deficits. *Neurotoxicol*, 26, 615-624.

Burger, J., Gochfeld, M., Niles, L., Dey, A., Jeitner, C., Pittfield, T., TsipourA, N. (2014) Metals in tissues of migrant semipalmated sandpipers (*Calidris pusilla*) from Delaware Bay, New Jersey. *Environmental Research*, 133, 362-370.

Burger, J., Tsipoura, N., Niles, L.J., Gochfeld, M., Dey, A., Mizrahi, D. (2015) Mercury, Lead, Cadmium, Arsenic, Chromium and Selenium in feathers of Shorebirds during Migrating through Delaware Bay, New Jersey: *Comparing the and.Toxic*,3,63-74.

Burgos-Núñez, S., Navarro-Frómata, A., Marrugo-Negrete, J., Enamorado-Montes, G., & Urango-Cárdenas, I. (2017) Polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in the Cispatá Bay, Colombia: A marine tropical ecosystem. *Marine pollution bulletin*, 120(1-2), 379-386.

Buxton, V. L., Evers, D. C., & Schoch, N. (2019) The influence of biotic and abiotic factors on banded common loon (*Gavia immer*) reproductive success in a remote, mountainous region of the northeastern United States. *Ecotoxicology*, 1-8.

Clark, R. B. Marine pollution.(2001) Nova York, Oxford University Press Inc. 237.

Clarkson, T. W. (2011) The three modern faces of Mercury. *Environmental Health Perspectives*, 10, 11-23.

De Lemos, C. T., & Terra, N. R. (2003) Poluição: causas, efeitos e controle. *Genética Toxicológica*. Porto Alegre. Ed. Alcance, 1, 119-138.

Dolgova, S., Popp, B. N., Courtoreille, K., Espie, R. H., Maclean, B., McMaster, M., & Hebert, C. E. (2018) Spatial trends in a biomagnifying contaminant: Application of amino acid compound-specific stable nitrogen isotope analysis to the interpretation of bird mercury levels.*Environmental toxicology and chemistry*, 37(5), 1466-1475.

Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews*, 81(2), 163-182.

Durmuş, A. (2018).The mercury (Hg) concentrations in feathers of wild birds.*Applied Ecology and Environmental Research*, 16(3), 2973-2981.

Eagles-Smith, C. A., Ackerman, J. T., Willacker, J. J., Tate, M. T., Lutz, M. A., Fleck, J. A., & Davis, J. A. (2016). Spatial and temporal patterns of mercury concentrations in freshwater fish across the Western United States and Canada. *Science of the Total Environment*, 568, 1171-1184.

Einoder, L. D., MacLeod, C. K., & Coughanowr, C. (2018). Metal and isotope analysis of bird feathers in a contaminated estuary reveals bioaccumulation, biomagnification, and potential toxic effects. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 75(1), 96-110.

Elliott, J. E., Kirk, D. A., Elliott, K. H., Dorzinsky, J., Lee, S., Inzunza, E. R., & Shaw, P. (2015). Mercury in forage fish from Mexico and Central America: implications for fish-eating birds. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 69(4), 375-389.

Fäth, J., & Göttlein, A. (2019). Assessing the leaching behavior of different gunshot materials in natural spring waters. *Environmental Sciences Europe*, 31(1), 1-10.

Ferreira, A. P., Horta, M. A. P. & Cunha, C. L. N.(2010). Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax*(Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 10(2),229-241.

Finger, A., Lavers, J. L., Dann, P., Kowalczyk, N. D., Scarpaci, C., Nugogoda, D., & Orbell, J. D. (2017).Metals and metalloids in Little Penguin (*Eudyptula minor*) prey, blood and faeces.*Environmental pollution*, 223, 567-574.

França, J. A. (2016). Biodiversidade e produtividade de arroz inundado. 48 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São João Del-Rei, Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

Fuchsman, P. C., Brown, L. E., Henning, M. H., Bock, M. J., & Magar, V. S. (2017). Toxicity reference values for methylmercury effects on avian reproduction: Critical review and analysis. *Environmental toxicology and chemistry*, 36(2), 294-319.

Gann, G. L., Powell, C. H., Chumchal, M. M., & Drenner, R. W. (2015) Hg-contaminated terrestrial spiders pose a potential risk to songbirds at Caddo Lake (Texas/Louisiana, USA). *Environmental toxicology and chemistry*, 34(2), 303-306.

Gilbert, S. F. (2003) *Biologia do desenvolvimento*. 5ª edição. FUNPEC. SP.

Godwin, C. M., Smits, J. E., & Barclay, R. M. (2016). Metals and metalloids in nestling tree swallows and their dietary items near oilsands mine operations in Northern Alberta. *Science of the Total Environment*, 562, 714-723.

Gómez, C. (2006). *Embriologia humana: Atlas e texto*. 1ª edição. Guanabara Koogan. RJ.

Grajewska, A., Falkowska, L., & Reindl, A. (2019). Evaluation of claws as an alternative route of mercury elimination from the herring gull (*Larus argentatus*). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 48(2), 165-173.

Hebert, C. E. (2019). The river runs through it: The Athabasca River delivers mercury to aquatic birds breeding far downstream. *PloS one*, 14(4).

Howie, M. G., Jackson, A. K., & Cristol, D. A. (2018). Spatial extent of mercury contamination in birds and their prey on the floodplain of a contaminated river. *science of the total environment*, 630, 1446-1452.

Irena, H., Katarina, J., Branko, K., & Stefan, S. (2017). Allocation of Metals and Trace Elements in Different Tissues of Piscivorous Species *Phalacrocorax carbo*. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 73(4), 533-541.

Jager, L. P., Rijiniere, F. V. J., Esselink, H., Baars, A. J. (1996). Biomonitoring with the buzzard *Buteo buteo* in the Netherlands: heavy metals and sources of variation. *Jornal Ornithology*, 137, 295–318.

Kabata-Pendias, A., & Szeke, B. (2015). *Trace elements in abiotic and biotic environments*. CRC Press.

Kickbush, J. C., Mallory, M. L., Murimboh, J. D., Rand, J., Klapstein, S. J., Loder, A. L., & O'Driscoll, N. J. (2018). The influence of avian biovectors on mercury speciation in a bog ecosystem. *Science of the Total Environment*, 637, 264-273.

Kim E., Ichihashi H., Saeki K., Atrashkevich G., Tanabe S., & Tatsukawa R. (1996). Metal accumulation in tissues of seabirds from Chaun, northeast Siberia, Russia. *Environ Pollut* 92:247-252.

Kim E., & Koo T. (2007a). Heavy metal distribution in chicks of two heron species from Korea. *Arch Environ Contam Toxicol*, 54, 740-747.

Kim E, & Koo T (2007b), Heavy metal concentrations in diet and livers of black-crowned night heron *Nycticorax nycticorax* and grey heron *Ardea cinerea* chicks from Pyeongtaek, Korea. *Ecotoxicology*, 16, 411-416.

Kim E., & Koo T. (2007c). The use of feathers to monitor heavy metal contamination in herons, Korea. *Arch Environ Contam Toxicol*, 53, 435-441.

Kitowski, I., Jakubas, D., Indykiewicz, P., & Wiącek, D. (2018). Factors affecting element concentrations in eggshells of three sympatrically nesting waterbirds in northern Poland. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 74(2), 318-329.

Koster M. D., Ryckman D. P., Weseloh D. V. C., & Strugerc J. (1996). Mercury levels in great lakes herring gull (*Larus argentatus*) eggs, 1972-1992. *Environ Pollut*, 93, 261-270.

Kral, T., Blahova, J., Doubkova, V., Farkova, D., Vecerek, V., & Svobodova, Z. (2017). Accumulation of mercury in the tissues of the great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) from common carp. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 98(2), 167-171.

Kushlan J. A., & Hancock J. A. (2005) *The herons*. Oxford Academic Press, Oxford.

Lavoie, R. A., & Campbell, L. M. (2018) Mercury concentrations in Double-crested Cormorant chicks across Canada. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 75(1), 111-120.

Lázaro, W. L., Díez, S., Silva, C. J., Ignácio, Á. R., & Guimarães, J. R. (2018). Seasonal changes in periphytic microbial metabolism determining mercury methylation in a tropical wetland. *Science of the Total Environment*, 627, 1345-1352.

Lázaro, W. L., Díez, S., Bravo, A. G., Silva, C. J., Ignácio, Á. R., & Guimaraes, J. R. (2019). Cyanobacteria as regulators of methylmercury production in periphyton. *Science of the total environment*, 668, 723-729.

Legler, M., Leonhard, W., Koch, N. J., & Kummerfeld, N. (2015). Mercury concentrations in feathers of Common Swifts (*Apus apus*). *Berliner und Munchener tierarztliche Wochenschrift*, 128(7-8), 340-344.

Liu, J. L. J., Yuan, X., Zeng, G., Yuan, Y., Wu, H., Huang, X., Liu, J., Hua, S., Li, F., Li, X. (2015). An integrated model for assessing the risk of exposure to heavy metals in migratory birds in the wetland ecosystem: a case study in the wetland of Dongting Lake, *Chinahemosphere*, 135, 14–19.

Luo, J., Ye, Y., Gao, Z., Wang, Y., & Wang, W. (2015) Heavy metal contaminations and influence on the red-crowned crane (*Grus japonensis*) in Wuyur catchments, Northeastern China. *Environmental earth sciences*, 73(9), 5657-5667.

Luo, J., Wang, Y., Wang, Z., & Gao, Z. (2019) Assessment of Pb and Cd contaminations in the urban waterway sediments of the Nen River (Qiqihar section), Northeastern China, and transfer along the food chain. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(6), 5913-5924.

Maddux, S. L., Cristol, D. A., Varian-Ramos, C. W., & Bradley, E. L. (2015). The effect of mercury on baseline corticosterone in a breeding songbird. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 94(2), 135-139.

Majidi, Y., Bahramifar, N., & Ghasempouri, S. M. (2015). Pattern of mercury accumulation in different tissues of migratory and resident birds: Western reef heron (*Egretta gularis*) and

Siberian gull (*Larus heuglini*) in Hara International Wetland—Persian Gulf. *Environmental monitoring and assessment*, 187(1), 4082.

Mallory, M. L., Braune, B. M., Provencher, J. F., Callaghan, D. B., Gilchrist, H. G., Edmonds, S. T., Allard, K., & O'driscoll, N. J. (2015). Mercury concentrations in feathers of marine birds in Arctic Canada. *Article in Marine Pollution Bulletin*. June.

Mallory, M. L., Provencher, J. F., Robertson, G. J., Braune, B. M., Holland, E. R., Klapstein, S., & O'Driscoll, N. J. (2018). Mercury concentrations in blood, brain and muscle tissues of coastal and pelagic birds from northeastern Canada. *Ecotoxicology and environmental safety*, 157, 424-430.

McCain, K. (1990). Mapping Authors in Intellectual Space: A Technical Overview. *Journal of the American Society for Information Science*, 41(6), 433–443.

Medunić, G., Kuharić, Ž., Fiket, Ž., Bajramović, M., Singh, A.L., Krivohlavek, A., & Dujmović, L. (2018). Selenium and other potentially toxic elements in vegetables and tissues of three non-migratory birds exposed to soil, water, and aquatic sediment contaminated with seleniferous Raša coal. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 33(3), 53-62.

Mirowski A. (2016). Selenium status in free-living animals in Poland. *Cybie Weterynaryjne(em polonês)* 91, 166–168.

Mizrahi D. M., & Peters K. A (2009). Relationships between sandpipers and horseshoe crabs in Delaware Bay: A synthesis. In: *Tancredi JT, Botton ML, Smith DR (eds) Biology and Conservation of Horseshoe Crabs Springer Science and Business Media*, New York, 65-88.

Morran, S. A., Elliott, J. E., Young, J. M., Eng, M. L., Basu, N., & Williams, T. D. (2018). Ecologically-relevant exposure to methylmercury during early development does not affect adult phenotype in zebra finches (*Taeniopygia guttata*). *Ecotoxicology*, 27(3), 259-266.

Morrison R. I. G., Mizrahi D. S., Ross, R. K, Ottema O. H (2012). Dramatic Declines of Semipalmated Sandpipers on the Major Wintering Areas in the Guianas, Northern South America. *Nyls de Pracontal and Andy Narine*. *Waterbirds* 35, 120-134.

Morrison, R. I. G., Ross, R. K., & Niles, L. J. (2004). Declines in Wintering populations of red Knots in Southern South America. *The Condor* 106, 60-70.

Neto, R. F. A. (2015). Efeitos dos metais pesados na saúde humana. Laboratório Franco do Amaral. Recuperado de <<http://www.robertofrancodoamaral.com.br/blog/alimentacao/efeitos-dosmetais-pesados-na-saude-humana>>.

Ochoa, X., Suthers, D., Verbert, K., & Duval, E. (2014). Analysis and Reflections on the Third Learning Analytics and Knowledge Conference (LAK 2013). *Journal of Learning Analytics*, 1(2), 5–22.

Orłowski G., Hałupka L., Pokorny P., Klimczuk E., Sztwiertnia H., & Dobicki W. (2016). The effect of embryonic development on the metal and calcium content in eggs and eggshells in a small passerine. *Ibis* 158, 144–154.

Pereira A. S., Shitsuka D. M., Parreira F. J., & Shitsuka R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Pérez, X. L. O. (1998). Effects of nesting yellow-legged gulls (*Larus cachinnans* Pallas) on the heavy metal content of soils in the Cies Islands (Galicia, north-west Spain). *Mar Pollut Bull*, 36, 267-272.

Peterson, S. H., Ackerman, J. T., & Eagles-Smith, C. A. (2017). A contaminação por mercúrio e isótopos estáveis revelam variabilidade na ecologia de forrageamento de gaivotas generalistas da Califórnia. *Ecol Indic* 74, 205-215.

Pinheiro, C. H. R., & Sígolo, J. B., (2006). Metais pesados e a dinâmica lacustre no parque ecológico do Tietê – Centro de Lazer Engenheiro Goulart – RMSP. *Geologia USP Série Científica*, 6(1), 29-39.

- Plessl, C., Jandrisits, P., Krachler, R., Keppler, B. K., & Jirsa, F. (2017). Heavy metals in the mallard *Anas platyrhynchos* from eastern Austria. *Science of the Total Environment*, 580, 670-676.
- Primack, R. B., & Rodrigues, E. (2001). *Biologia da conservação*, Londrina(SC): Planta, 328.
- Raan, V. A. F. J. (1997). Scientometrics: State-of-the-art. *Scientometrics*, 38(1), 205–218.
- Rahman, F., Ismail, A., Omar, H., & Hussin, M. Z. (2017). Exposure of the endangered Milky stork population to cadmium and lead via food and water intake in Kuala Gula Bird Sanctuary, Perak, Malaysia. *Toxicology reports*, 4, 502-506.
- Rodrigues, A. A. F. (2000). Seasonal abundance of nearctic shorebirds in the Gulf of Maranhã, Brazil, *Journal of Field Ornithology*, 71(4), 665-675.
- Rodrigues, A. A. F., Lopes, A. T. L. (2000). The occurrence of Red Knots *Calidris canutus* in the north-central coast of Brazil, *Bulletin of British Ornithologist Club* 120(4).
- Rutkowska, M., Bajger-Nowak, G., Kowalewska, D., Bzoma, S., Kalisińska, E., Namieśnik, J., & Konieczka, P. (2019). Methylmercury and total mercury content in soft tissues of two bird species wintering in the Baltic Sea near Gdansk, Poland. *Chemosphere*, 219, 140-147.
- Ruus, A., Øverjordet, I. B., Braaten, H. F. V., Evenset, A., Christensen, G., Heimstad, E. S., & Borgå, K. (2015). Methylmercury biomagnification in an Arctic pelagic food web. *Environmental toxicology and chemistry*, 34(11), 2636-2643.
- Rzetała, M. A. (2016). Cadmium contamination of sediments in the water reservoirs in Silesian Upland (southern Poland). *Journal of soils and sediments*, 16(10), 2458-2470.
- Sánchez-Virosta P., Espín S., García-Fernández A. J., & Eeva T. (2015). Uma revisão sobre a exposição e os efeitos do arsênico em aves passeriformes. *Sci Total Environ* 512, 506-525.
- Sandoval, C., Mora, M. A., Sericano, J., & Rech, R. R. (2019). Persistent Organic Pollutants in Livers and Hg in Feathers of Neotropical Cormorants (*Phalacrocorax brasilianus*) from the

Trinity River Watershed (Texas, USA). *Archives of environmental contamination and toxicology*, 76(3), 405-413.

Santos, R. L. C. (2005). Relatório de viagem a Poconé – MT. Março / 2005. CETEM RV2005-001-00. Centro de Tecnologia Mineral / Ministério da Ciência e Tecnologia / Coordenação de Processos Metalúrgicos e Ambientais.

Silva, A. P., Câmara, V., Nascimento, O. C., Oliveira, L. J., Silva, E. C., Pivetta, F., & Barrocas, P. R. G (1998). Contaminação ambiental por mercúrio metálico na região amazônica: subsídios para um programa de vigilância das populações expostas. Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente (CEPIS/OPS).

Sousa A. P. S., & Rodrigues A. A. F. (2015). Censo populacional do maçarico-de-peitovermelho *Calidris canutus rufa* na praia de Panaquatira, Maranhão, Brasil, em um ciclo anual. *Ornithologia* 8(1), 33-37.

Sujak, A., Wiącek, D., Jakubas, D., Komosa, A., & Kitowski, I. (2019). Mallards *Anas platyrhynchos* shot in Eastern Poland: ecological risk evaluated by analysis of trace elements in liver. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25(8), 2116-2132.

Szumiło-Pilarska, E., Grajewska, A., Falkowska, L., Hajdrych, J., Meissner, W., Frączek, T., & Bzoma, S. (2016). Species differences in total mercury concentration in gulls from the Gulf of Gdansk (Southern Baltic). *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 33, 100-109.

Thompson, J., Wong, L., Lau, P. S., & Bannigan, J. (2008). Adherens junction breakdown in the periderm following cadmium administration in the chick embryo: distribution of cadherins and associated molecules. *Reproductive Toxicology*, 25(1), 39-46.

Vieira, L. M., & Alho, C. J. R.(2004). Contaminação por Mercúrio em Sedimento e Moluscos da Bacia do Rio Bento Gomes, MT. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* n.58 ISSN 1517-1981 Corumbá, MS: Embrapa Pantanal.

Vieira, L. M. (2006). Penas de aves como indicadores de mercúrio no Pantanal. Embrapa Pantanal, Corumbá. Recuperado de <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/ADM097>

Weiss-Penzias, P. S., Gay, D. A., Brigham, M. E., Parsons, M. T., Gustin, M. S., & ter Schure, A. (2016). Trends in mercury wet deposition and mercury air concentrations across the US and Canada. *Science of the Total Environment*, 568, 546-556.

White, D. H., & Griffith, B. C. (1982). Authors as markers of intellectual space: Co-citation in studies of science, technology and society. *Journal of Documentation*, 38(4), 255–272.

Whitney, M., & Cristol, D. (2017). Rapid depuration of mercury in songbirds accelerated by feather molt. *Environmental toxicology and chemistry*, 36(11), 3120-3126.

Williamson, L., Hudson, M., O'Connell, M., Davidson, N., Young, R., Amano, T., Székely, T. (2013). Areas of high diversity for the world's inland-breeding waterbirds. *Biodivers Conserv*, 22,1501-1512.

Yohannes, Y. B., Ikenaka, Y., Nakayama, S. M., Mizukawa, H., & Ishizuka, M. (2017). Trace element contamination in tissues of four bird species from the Rift Valley Region, Ethiopia. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 98(2), 172-177.

Zabala, J., Rodriguez-Jorquera, I. A., Orzechowski, S. C., & Frederick, P. (2019). Mercury Concentration in Nestling Feathers Better Predicts Individual Reproductive Success than Egg or Nestling Blood in a Piscivorous Bird. *Environmental science & technology*, 53(3), 1150-1156.

Zarski, T. P., Rejt, L., Zarska, H., & Jarmul, J. (2015). Investigation on the distribution of mercury in tissues and organs of wild birds obtained from the area covered by Greater Warsaw. *Journal of Elementology*, 20(1).

Zhang, W., Eperon, G. E., & Snaith, H. J. (2016). Metal halide perovskites for energy applications. *Nature Energy*, 1(6), 1-8.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Thaysa Costa Hurtado – 37 %

Bruno Ramos Brum –20%

Rosana dos Santos D' Ávila –10%

Milena Santos Batista – 8%

Áurea Regina Alves Ignácio – 25%