

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Impactos por PCBs em *Orcinus orca*: um problema mundial

Thiago Barros de Amorim

Vitória, ES

Abril, 2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Impactos por PCBs em *Orcinus orca*: um problema mundial

Thiago Barros de Amorim

Orientador: Agnaldo Silva Martins

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal) da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Animal

Vitória, ES

Abril, 2022

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

A524i Amorim, Thiago Barros de, 1985-
Impactos por PCBs em Orcinus orca: : um problema
mundial / Thiago Barros de Amorim. - 2022.
41 f. : il.

Orientador: Agnaldo Silva Martins.
Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e
Naturais.

1. Orca (Baleia). 2. Toxicologia ambiental. 3. Indicadores
biológicos. I. Martins, Agnaldo Silva. II. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III.
Título.

CDU: 57

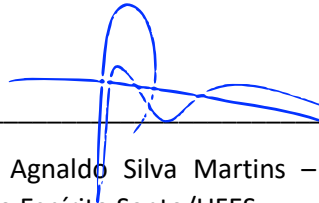
Thiago Barros de Amorim

Impactos por PCBs em *Orcinus orca*: um problema mundial

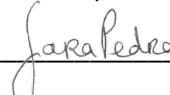
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Biologia Animal.

Aprovado em 04 de abril de 2022.

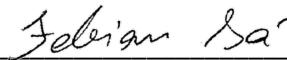
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Agnaldo Silva Martins – Orientador Universidade Federal do Espírito Santo/UFES



Dr(a) Sara Joana Pereira Pedro – Examinadora Externa



Dr Fabian Sá – Examinador Externo

Agradecimentos

À Deus por me dar a oportunidade de estar vivo, com saúde e seguindo meu caminho dentro da biologia que tanto amo!

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal) pelo suporte, infraestrutura e pela oportunidade de acesso a uma formação superior pública, gratuita e de ótima qualidade.

Ao meu orientador Agnaldo Silva Martins por todo esse tempo de dedicação a minha formação, por todo conhecimento compartilhado, toda atenção, paciência, apoio, estímulo e acima tudo por toda empatia. Levarei para sempre tua amizade!

À Sara Joana Pereira Pedro pela sua colaboração com o projeto e auxílio sempre com boa vontade e disponibilidade.

Aos meus professores do PPGBAN que contribuíram não só para minha formação profissional, mas também para meu crescimento como ser humano e pesquisador.

Aos membros da banca por aceitarem o convite e por todo empenho e dedicação na revisão deste trabalho.

Aos meus tutores, Ana Paula Cazerta Faro e Fabian Sá, por terem me dado apoio e suporte, além de terem feito contribuições que foram essenciais para a finalização deste trabalho.

Aos amigos do PPGBAN, em especial Jardel Seibert pelas ajudas durante o curso, Arthur Machado pela ajuda com a construção do mapa utilizado no projeto e todos os outros pelos momentos engraçados, tristes ou corridos em que passamos desde 2019.

Aos meus terapeutas, Dr.Edson e Elizeu, por me ajudarem com meu tratamento e equilíbrio psicológico durante o curso e formação.

Por fim, agradeço minha noiva Vívian, minha amiga, companheira e cúmplice, por sempre estar ao meu lado, apoiando, cuidando e me entendendo. Aos meus amigos pela companhia e por me incentivarem. E à minha família, obrigado por todo carinho, incentivo e força!

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
MATERIAIS E MÉTODOS	12
Origem dos dados	12
Categorização dos dados	16
Análises estatísticas e processamento dos dados	17
RESULTADOS	18
DISCUSSÃO	23
CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26
MATERIAL SUPLEMENTAR	31

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Origem dos dados e parâmetros metodológicos usados para comparações de concentração de PCBs em gordura subcutânea de orca (*Orcinus orca*) nos oceanos Atlântico, Pacífico e região Antártida. 15
- Tabela 2.** Teste de pares de ANOSIM que testou a significância de sobreposições de dietas entre orcas Comedoras de Mamíferos do hemisfério norte (CM), Piscívoras do hemisfério Norte (PN) e Piscívoras da Antártida (PA). Resultado de ANOSIM mostrado diferença significativa ($P < 0,001$) da composição da dieta.....20

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Locais de coleta de tecidos de *Orcinus orca* nas quais foram realizadas dosagens de PCBs na gordura subcutânea e utilizados no presente estudo. 14
- Figura 2.** Análise de escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) com os 75 exemplares de adultos e juvenis de *Orcinus orca* distribuídos nos dois eixos principais. Os grupos delimitados representam categorias de hábitos alimentares principais. 19
- Figura 3.** Médias (círculos) e desvio padrão (barras verticais) de concentração de PCB (mg/kg) na gordura subcutânea de *Orcinus orca* selecionadas (adultos e juvenis) no presente estudo para testes comparativos. Asteriscos diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) no teste de *Mann-Whitney*. 20
- Figura 4.** Médias (círculos) e desvio padrão (barras verticais) de concentração de PCB (mg/kg) na gordura subcutânea de *Orcinus orca* selecionadas (adultos e juvenis) para teste de acúmulo temporal, na A as orcas comedoras de mamíferos do hemisfério norte e na B as orcas piscívoras do hemisfério norte. Asteriscos diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) no teste de *Mann-Whitney*. 22

RESUMO

Os PCBs – Bifenilos Policlorados ou ascarel são compostos orgânicos clorados que foram sintetizados inicialmente no início do século XIX, porém sua produção industrial teve início nos anos 20 e não existem fontes naturais de PCBs. Os PCBs também são poluentes orgânicos persistentes (POPs), que se caracterizam por serem altamente tóxicos, por permanecerem no ambiente por muito tempo e por serem bioacumulativos e biomagnificados. A quantificação de PCBs vem sendo realizada em animais de todo o globo, principalmente em orca - *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758). A *O. orca* existe em todos os oceanos e é uma espécie de grande longevidade. Sua dieta é um importante fator que influencia diretamente nas concentrações de PCBs. Utilizou-se a *O. orca* como bioindicador para a inferência acerca da influência dos fatores locais ou globais na concentração do PCB, assim como verificar se os padrões de dieta interferem na quantidade de PCBs acumulados na gordura subcutânea. O estudo aqui descrito é uma meta-análise baseada em resultados de estudos anteriores e a metodologia de busca foi em bancos de dados de artigos na internet e se baseou em 8 estudos. Foram coletados 75 espécimes de *Orcinus orca* oriundas dos EUA, Canadá, Inglaterra, Escócia, Irlanda, Dinamarca, Groenlândia e Espanha, Japão e Antártida. Foram utilizados nas análises comparativas 18 indivíduos comedoras de mamíferos do hemisfério norte, 35 dados de piscívoras do hemisfério norte e 22 piscívoras da Antártida. Os indivíduos comedores de mamíferos apresentaram as maiores médias de PCBs 187,42 mg/kg, seguidas das Piscívoras do hemisfério norte com 39,62 mg/kg e menores médias nos indivíduos Piscívoras da Antártida com 31,35 mg/kg. Os indivíduos apresentaram distribuição significativa quando comparados por nMDS para o parâmetro dieta. Houve diferença significativa entre os teores das orcas comedoras de mamíferos do hemisfério norte, das piscívoras do hemisfério norte e piscívoras da Antártida. Os valores de PCBs nas orcas comedoras de mamíferos do hemisfério norte e piscívoras do hemisfério norte tenderam a cair depois de meados do ano 2000, mostrando que houve uma resposta depois que entrou em vigor em 2004 a Convenção de Estocolmo. O PCB nos organismos apresentou uma distribuição regional, sendo a dieta um fator relevante nesta distribuição.

PALAVRAS-CHAVE

Orcinus orca, PCB, bioindicador, dieta, ecótipos.

ABSTRACT

PCBs – Polychlorinated Biphenyls or ascarel are chlorinated organic compounds that were initially synthesized in the early 19th century, but their industrial production began in the 1920s and there are no natural sources of PCBs. PCBs are also persistent organic pollutants (POPs), which are characterized by being highly toxic, remaining in the environment for a long time, and being bioaccumulative and biomagnified. The quantification of PCBs has been carried out in animals all over the world, mainly in orca - *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758). *O. orca* exists in all oceans and is a long-lived species. Your diet is an important factor that directly influences PCB concentrations. *O. orca* was used as a bioindicator for inference about the influence of local or global factors on PCB concentration, as well as to verify whether dietary patterns interfere with the amount of PCBs accumulated in subcutaneous fat. The study described here is a meta-analysis based on the results of previous studies and the search methodology was in internet article databases and was based on 8 studies. We collected 75 specimens of *Orcinus orca* from the USA, Canada, England, Scotland, Ireland, Denmark, Greenland and Spain, Japan and Antarctica. 18 mammal-eating individuals from the Northern Hemisphere, 35 piscivorous data from the Northern Hemisphere and 22 piscivorous from Antarctica were used in the comparative analyses. The mammal-eating individuals had the highest averages of PCBs 187.42 mg/kg, followed by Piscivorous individuals from the northern hemisphere with 39.62 mg/kg and the lowest averages in Piscivorous individuals from Antarctica with 31.35 mg/kg. Individuals showed significant distribution when compared by nMDS for the diet parameter. There was a significant difference between the levels of mammal-eating orcas from the northern hemisphere, piscivorous from the northern hemisphere and piscivorous from Antarctica. PCB values in Northern Hemisphere mammal-eating and Northern Hemisphere piscivorous orcas tended to decline after mid-2000, showing that there was a response after the Stockholm Convention came into force in 2004. PCBs in organisms showed a regional distribution, with diet being a relevant factor in this distribution.

KEY WORDS

Orcinus orca, PCB, bioindicator, diet, ecotypes.

INTRODUÇÃO

A orca (*Orcinus orca*) (Linnaeus, 1758) é um mamífero marinho com coloração preta e branca, corpos grandes e arredondados e grande nadadeira dorsal. As orcas são predadores cosmopolitas, alimentando-se de mais 140 espécies de presas incluindo peixes ósseos e cartilagosos, lulas, mamíferos, répteis e aves em toda sua faixa de ocupação (Ford, 2009; Forney et al., 2009). Sua distribuição geográfica é mundial, são encontradas em todos os oceanos e quase todos os mares. As águas mais frias das regiões temperadas e das regiões polares são, contudo, preferidas.

Apesar de uma dieta ampla, algumas populações locais se alimentam de alimentos específicos, adaptando as estratégias de alimentação ao tipo de presa e disponibilidade (de Bruyn et al., 2013) como focas (Houghton et al., 2015; Pedro et al., 2017; Reisinger et al., 2015), salmão (Ford et al., 2016; Wasser et al., 2017; Chasco et al., 2017) e outros animais marinhos.

Existem tipos distintos de orcas, eles são conhecidos como ecótipos e são diferentes em tamanho, aparência, preferências por presas, técnicas de forrageamento, dialetos, comportamentos e grupos sociais. Os ecótipos do hemisfério norte são: residente, transiente e *offshore* no oceano Pacífico e Tipo 1 e Tipo 2 no oceano Atlântico. Já os ecótipos do hemisfério sul são: Tipo A nos oceanos Atlântico e Índico, Tipo B e Tipo C no oceano Antártico e Tipo D nos oceanos Atlântico e Pacífico. Elas não parecem intercruzar e raramente interagem com tipos distintos. As populações apresentam diferenças genótípicas que proporcionam melhor adaptação aos diferentes habitats (Molles, 2005).

As orcas são os animais marinhos com maiores concentrações de Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) (Jepson, 2016; Ross et al., 2000; Ferguson et al., 2010). Os POPs são compostos sintéticos resistentes à degradação e altamente estáveis e, portanto, muito persistentes no ambiente. São tóxicos e apresentam grande capacidade para a “bioacumulação” em organismos vivos. Também pode ocorrer a “biomagnificação” desses poluentes, ou seja, apresentam acúmulo progressivo ao longo da teia alimentar.

A capacidade de transporte a longas distâncias, ou seja, a extraordinária mobilidade que caracteriza os POPs é decorrente de sua semivolatilidade. Esses compostos

podem ser transportados, dependendo das condições climáticas, ao longo das latitudes terrestres, em direção aos polos, num processo chamado “destilação global”. Esse mecanismo explica a presença de POPs nas regiões remotas onde nunca foram utilizados, como as ilhas oceânicas e a Antártica.

Esses contaminantes assumiram tamanha importância no cenário mundial que o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) propôs uma ação global para discutir a problemática. Em 2001, a Convenção de Estocolmo sobre POPs deu origem a um tratado internacional para proteger a saúde humana e o meio ambiente desses compostos químicos que ocasionam efeitos adversos em organismos vivos (UNEP, 2012). A Convenção de Estocolmo estabeleceu a eliminação da produção, utilização, importação e exportação de doze poluentes pelos países signatários do tratado. Com referência a eliminação do uso de bifenilas policloradas (PCBs) em equipamentos, o prazo para sua eliminação é até 2025.

As bifenilas policloradas (PCBs) são compostos aromáticos clorados e sua família é constituída por cerca de 209 compostos diferentes. Por serem praticamente incombustíveis e apresentarem alta estabilidade e resistência, elas vêm sendo utilizadas para diversos fins, como fluidos dielétricos em transformadores, condensadores e óleos de corte, lubrificantes hidráulicos, tintas e adesivos, entre outros.

Sendo assim, a vida marinha serve como um registro vivo dos poluentes lançados no meio ambiente. De acordo com Lacy et al. (2017) as principais ameaças a essas populações de orcas incluem: limitação de presas preferidas, ruído antropogênico e perturbação, assim como altos níveis de contaminantes armazenados, incluindo os PCBs.

Segundo Jepson et al. (2016), as populações de cetáceos na Europa estão com altas taxas de organoclorados, consistente com a toxicidade reprodutiva induzida por PCB. No Canadá, uma das principais populações de orcas no mundo se encontra em declínio por conta dos poluentes (Hickie et al., 2007), assim como no Ártico (Ferguson et al., 2010).

Não se sabe se o aporte local de PCBs é mais influente ou se os fatores globais estão sendo mais relevantes nestes teores encontrados nas orcas. Em função do acúmulo de estudos locais, foi possível fazer essa síntese e meta-análise global. A

determinação do principal fator pode gerar informações importantes para os programas de conservação, fornecendo um direcionamento nas soluções dos problemas relacionados aos PCBs bioacumulados nos animais marinhos.

O estudo de meta-análise aqui descrito teve como objetivo verificar se a contaminação por PCBs em orcas é uma combinação de fatores globais, regionais ou derivados do processo de bioacumulação causado pelos padrões de dieta. Utilizamos a orca como um organismo bioindicador e vimos a oportunidade de descobrir se depois da entrada em vigor da Convenção de Estocolmo em 2004, houve diminuição de acúmulo de PCBs nas diferentes populações de orca.

MATERIAIS E MÉTODOS

Origem dos dados

O estudo aqui descrito é uma meta-análise referente a estudos publicados com dados individuais de concentração de PCBs disponíveis na literatura. Sobre os métodos da revisão, foi realizada ampla revisão no Google Acadêmico (1985-2020), Periódicos Capes (2000-2020) e Scielo (2005-2021), utilizando os seguintes termos de busca: PCBs, *Organochlorines*, *Killer whale*, *Bioindicator*, *Diet*, *Ecotypes* e *Maturity*.

Os resumos de todos os artigos selecionados foram lidos e os manuscritos foram todos inteiramente revisados. As referências bibliográficas de todos os artigos foram então revistas em busca de informações adicionais.

Foram encontrados 84 artigos e, destes, selecionamos os publicados nos últimos 22 anos, chegando a um número de 54 artigos. Destes, procuramos selecionar aqueles que tinham dados relevantes com revisão adequada, dados brutos e estudos controlados, chegando a um total de 14 artigos. A seguir, após a revisão das referências bibliográficas dos artigos, selecionamos mais dois artigos que não eram dos últimos 22 anos, mas que eram relevantes para nossa revisão por se tratar de artigos pioneiros.

O intervalo de tempo dos dados usados ficou entre os anos de 1982-2013. As metodologias do presente estudo foram sintetizadas na Tabela 1 para melhor compreensão da definição da origem dos dados e tipos de análises químicas.

Este estudo é baseado na análise comparativa das concentrações de PCB em tecidos de gordura subcutânea de 75 indivíduos de orca (*Orcinus orca*) provenientes do oceano Pacífico Norte Oriental (EUA e Canadá), oceano Atlântico Norte Oriental (Inglaterra, Escócia, Irlanda, Dinamarca, Groenlândia e Espanha), oceano Pacífico norte ocidental (Japão) e oceano Antártico (Figura 1).

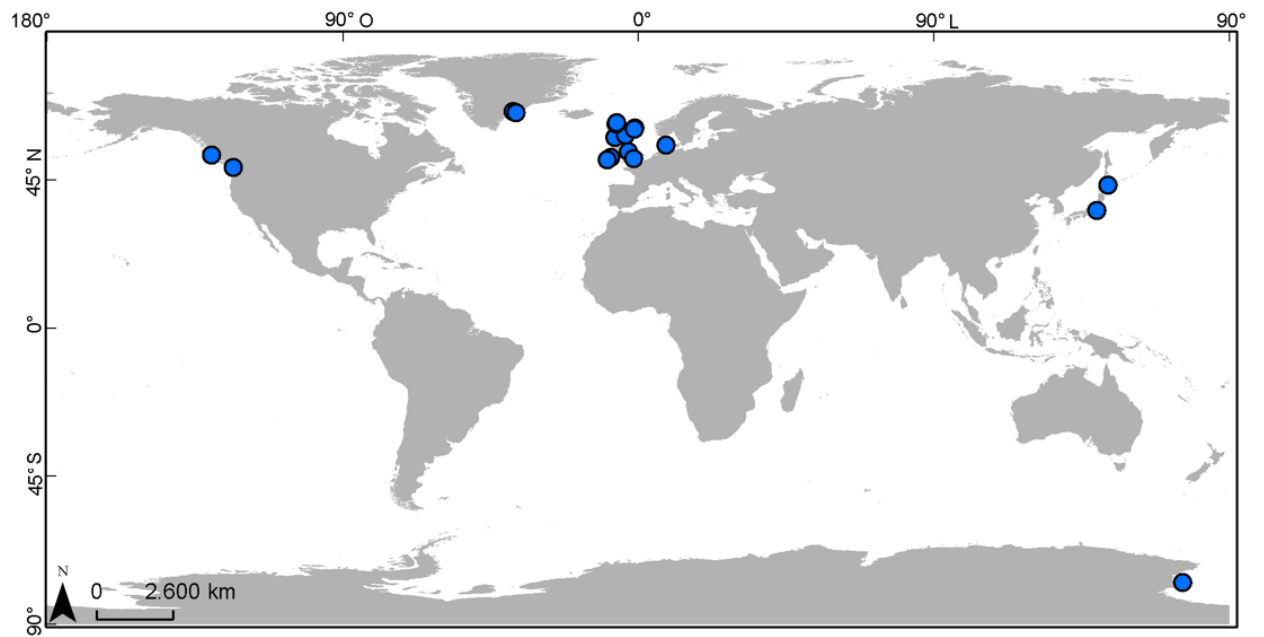


Figura 1. Locais de coleta de tecidos de *Orcinus orca* nas quais foram realizadas dosagens de PCBs na gordura subcutânea e utilizados no presente estudo.

Tabela 1. Origem dos dados e parâmetros metodológicos usados para comparações de concentração de PCBs em gordura subcutânea de orca (*Orcinus orca*) nos oceanos Atlântico, Pacífico e região Antártida.

	<i>Origem dos dados</i>							
	Antártida (McMurdo Sound, Ross Sea)	Canadá (British Columbia)	Dinamarca (Esbjerg e Faroe Islands) e Groenlândia (Tasiilaq)	Escócia (Shetland, Western Isles e Reay), Inglaterra (River Mersey e Kent) e Irlanda (Cork)	EUA (Puget Sound, Strait of Juan de Fuca) e Canadá (Strait of Georgia/British Columbia)	Japão (Hokkaido)	Japão (captura acidental por pesca comercial)	Japão (costa do Japão)
Ano de coleta	2005	2003-2007	2005-2014	1994-2001	2004-2006	2005	1986	1982
Nº de indivíduos	22	26	3	6	8	6	3	1
Intervalo de latitude de coleta (graus)	77 S	48-60 N	55-65 N	51-61 N	47-50 N	43-44 N	30-45 N	30-45 N
Técnica de leitura de PCBs	Cromatografia em camada fina com detector de ionização em chama (TLC-FID)	Cromatografia Gasosa de Alta Resolução / Espectrometria de Massa de Alta Resolução (HRGC-HRMS)	Espectrometria de Massas (GC-MS)	Espectrometria de Massas (GC-MS)	Espectrometria de Massas (GC-MS)	Espectrometria de Massas (GC-MS)	Cromatografia gasosa (CG) e cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC)	Cromatografia gasosa – Detector por Captura de Elétrons (GC-ECD)
Material de Ref. Certificado	NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-59 (2004)	Institute of Ocean Sciences (Fisheries and Oceans Canada, Sidney, BC, Canada)	NIST-1945 (whale blubber)	BCR349 (cod liver oil)	Standard Reference Materials (SRMs) (National Institute of Standards and Technology)	Agilent GC/MS 5973i (Agilent Technologies, Santa Clara, CA)	-	-
Referência Bibliográfica	Krahn, M. M. et al (2008)	Buckman, A. H. et al (2011)	Pedro, S. et al (2017)	McHugh, B. et al (2007)	Krahn, M. M. et al (2007)	Haraguchi, K. et al (2009)	Ono, M. et al (1987)	Tanabe, S. et al (1987)

Um total de 22 indivíduos foram provenientes do Oceano Antártico, 44 do Oceano Pacífico e 9 do Oceano Atlântico. As concentrações de PCBs foram expressas em diferentes medidas em cada estudo (ng/g, ug/g) e depois transformadas para uma única unidade de medida em mg/kg.

Como nos estudos usaram diferentes equipamentos de cromatografia, buscamos o material de referência certificado de cada estudo e colocamos na Tabela 1, permitindo assim as comparações.

Segundo a “International Organization for Standardization” - ISO (2015), Material de Referência Certificado, é uma substância homogênea ou material que possui uma ou mais propriedades bem estabelecidas para serem utilizados nas análises químicas, seja na avaliação de um método de medição, na calibração de um equipamento, ou atribuição de valores a materiais. E este Material vem acompanhado a um certificado emitido por autoridade que lhe confere valores de propriedades especificadas com as incertezas e as rastreabilidades associadas. Além disso, estes MRC's são as bases para verificação da exatidão de medições analíticas, visando a garantia de confiabilidade (Cardoso et al. 2010).

Categorização dos dados

Várias categorias foram criadas no estudo para uma melhor explicação. Os dados foram separados por décadas (1981-1990/1991-2000/2001-2010/2011-2020) para melhor ordenação temporal.

Como alguns indivíduos não apresentavam descritas as suas classes etárias no estudo de origem, usamos a categorização quanto a maturidade para abranger a maior quantidade de espécimes, aumentando-se assim o número de dados para comparação. Para as orcas, a sua maturidade reprodutiva ocorre aos 10 anos para a maioria das fêmeas e 13 anos para os machos (Bigg et al. 1990), separando assim os jovens dos adultos no presente trabalho.

Fetos foram definidos como animais que possuem <40 dias de vida, recém-nascidos foram definidos como animais que sobreviveram até o final do desmame, que ocorre dentro de 2 anos após o nascimento (Haenel, 1986; Robeck et al. 1993). Jovens

ficaram com valores entre >2 anos<13 anos e adultos >13 anos (Robeck & Monfort, 2006; Bigg et al. 1990). Os indivíduos utilizados no estudo foram somente os jovens e adultos, não utilizamos os fetos e recém-nascidos pois esses poderiam desviar os resultados por conta de terem um percentual baixo de PCB no tecido. Para as comparações dos dados, foram selecionados somente os dados que possuíam valores de PCB.

Cada indivíduo foi separado por sexo em masculino e feminino, assim como por tamanho (cm), idade (anos), e peso (kg).

Os hábitos alimentares têm sugerido que contribui particularmente para concentrações do contaminante nas populações (Pedro et al., 2017; Desforges et al., 2018 e Remili et al., 2021) e por esse motivo os animais foram separados em categorias de dieta: orcas comedoras de mamíferos do hemisfério norte, orcas piscívoras do hemisfério norte e piscívoras da Antártida.

Análises estatísticas e processamento dos dados

Uma Análise de Escalonamento Multidimensional Não-métrico - nMDS foi usada para entender como as concentrações de PCB se distribuem em relação as categorias criadas. A análise nMDS baseou-se em uma matriz de similaridade criado usando o índice de *Manhattan* com os dados de concentração de PCB (linhas) em 5 categorias (colunas) descrevendo o tipo de dieta (piscívora x comedora de mamífero), o oceano (Oceano Antártico, Oceano Atlântico e Oceano Pacífico), classe etária (feto, recém-nascido, jovens e adultos), a período (1981-1990/1991-2000/2001-2010/2011-2020). A análise foi realizada no programa estatístico *Past* Versão 4.03 (HAMMER et al., 2001).

O nMDS foi usado para calcular as coordenadas para cada combinação de dieta em espaço multidimensional. Os valores de PCBs foram normalizados para *log* na base 10 do valor original para diminuir os extremos e evitar distorções, ajudando assim com a análise gráfica.

Quanto a classificação de dieta, o grupo das orcas piscívoras foi classificada no nMDS com valor 2 e as orcas comedoras de mamíferos com valor 5, isso porque as orcas

comedoras de mamíferos tendem a acumular mais PCBs em seu organismo do que as piscívoras (Desforges et al. 2018; Jepson, 2016; Pedro et al, 2017).

Usamos a seguinte suposição para classe etária: os juvenis foram definidos com o valor 3 e os adultos com valor 4, seguindo também a tendência de bioacumulação, onde os indivíduos jovens tendem a apresentar valores mais baixos do que os adultos (Lawson, 2020; Remili et al. 2021).

A classificação quanto ao oceano também foi utilizada, onde os indivíduos da Antártida ficaram com o valor 1, os do Atlântico valor 2 e Pacífico valor 3. As concentrações de PCB foram comparadas com cada ecótipo, tempo e dieta. Eles foram plotados utilizando o gráfico de barras, com médias e desvios padrão. Um teste paramétrico de análise de variância do tipo ANOVA e teste de *Mann-Whitney pairwise*, foi feito para testar as diferenças entre grupos de dados, onde foi utilizado o programa estatístico *Past* Versão 4.03 (HAMMER et al., 2001) para a análise e teste.

Para testar a diferença significativa nas concentrações de PCB entre os ecótipos das diferentes populações (com todas as categorias incluídas - dieta, oceano, classe etária e década), comparações de pares de misturas populacionais foram conduzidas com ANOSIM, usando o *Past* Versão 4.03 para identificar o grau de segregação entre os grupos. Valores do intervalo de estatística ANOSIM de 0 (ou seja, sem segregação ou similaridade completa) a 1,0 (ou seja, segregação completa ou nenhuma semelhança) de uma população. Um valor $p < 0,05$ foi usado para determinar se a segregação entre as populações foi estatisticamente significativa.

RESULTADOS

A Figura 2 mostra a análise de escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) com os indivíduos distribuídos nos dois eixos principais. Houve diferença nas respostas dos três tipos de dieta quando consideradas simultaneamente as questões sobre *Orcinus orca* (década, classe etária, PCB, dieta e oceano). É possível observar que as orcas Piscívoras do Norte, as Piscívoras da Antártida e as Comedoras de Mamíferos do hemisfério norte possuem evidente diferença entre as três dietas, a proximidade dos pontos sugere que a alimentação tem um fator importante, assim

como pode indicar também que os ecótipos apresentam sim diferenças substanciais quanto à ecologia das diferentes populações.

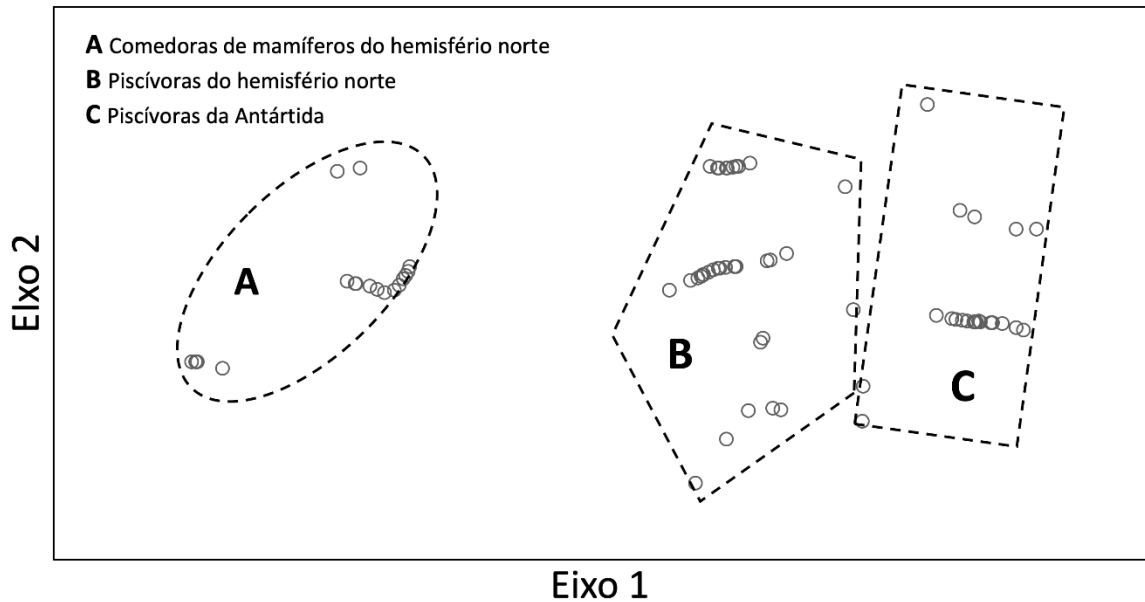


Figura 2. Análise de escalonamento multidimensional não-métrico (nMDS) com os 75 exemplares de adultos e juvenis de *Orcinus orca* distribuídos nos dois eixos principais. Os grupos delimitados representam categorias de hábitos alimentares principais.

A Figura 3 mostra que as maiores médias de PCBs encontradas na gordura subcutânea foram observadas nas Comedoras de mamíferos do hemisfério norte com 187,42 mg/kg, seguidas das Piscívoras do hemisfério norte com 39,62 mg/kg. As menores médias foram encontradas nos espécimes Piscívoras da Antártida com 31,35 mg/kg. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) na comparação entre os três tipos de dieta.

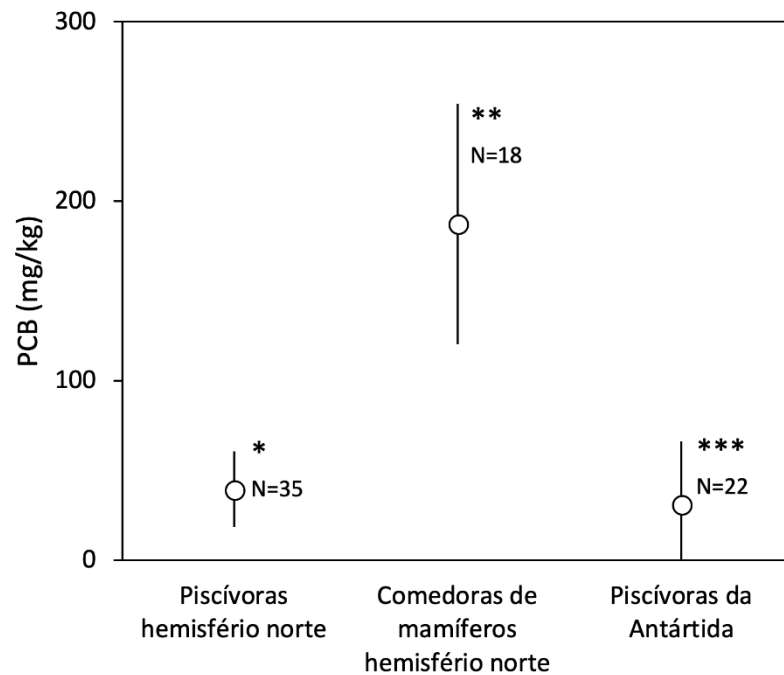


Figura 3. Médias (círculos) e desvio padrão (barras verticais) de concentração de PCB (mg/kg) na gordura subcutânea de *Orcinus orca* selecionadas (adultos e juvenis) no presente estudo para testes comparativos. Asteriscos diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) no teste de Mann-Whitney.

Os resultados estatísticos da análise de similaridade ANOSIM ($R = 0,8684$, $p = 0,0001$), que incluiu todos os indivíduos separados por oceano, década e classes etárias em cada população, indicou segregações nas três dietas analisadas: Comedoras de Mamíferos do Hemisfério Norte, Piscívoras do Hemisfério Norte e Piscívoras da Antártida (Tabela 2).

Tabela 2. Teste de pares de ANOSIM que testou a significância de sobreposições de dietas entre orcas Comedoras de Mamíferos do hemisfério norte (CM), Piscívoras do hemisfério Norte (PN) e Piscívoras da Antártida (PA). Resultado de ANOSIM mostrado diferença significativa ($P < 0,001$) da composição da dieta.

	Anosim teste <i>R</i>
PN vs PA	0,8732, $p < 0,0001$
CM vs PN	1, $p < 0,0001$
CM vs PA	1, $p < 0,0001$

Com relação a evolução temporal do PCB, a Figura 4 (A) mostra que existe um padrão consistente de diminuição de acúmulo de PCBs nas orcas comedoras de mamíferos do hemisfério norte depois da metade da década de 2000. A média nas orcas comedoras de mamíferos do hemisfério norte foi de 320 mg/kg nos indivíduos entre 1982-1986, 303,28 nos indivíduos entre 2003-2004 e 38,46 entre 2005-2007. Houve diferença significativa ($p < 0,05$) na comparação entre os três períodos.

Na Figura 4 (B), as orcas piscívoras do hemisfério norte tiveram a média de 28,98 mg/kg nos indivíduos entre 1994-2001, 41,51 nos indivíduos entre 2003-2006 e 15,75 entre 2007-2013. Também houve diferença significativa ($p < 0,05$) na comparação entre os três períodos.

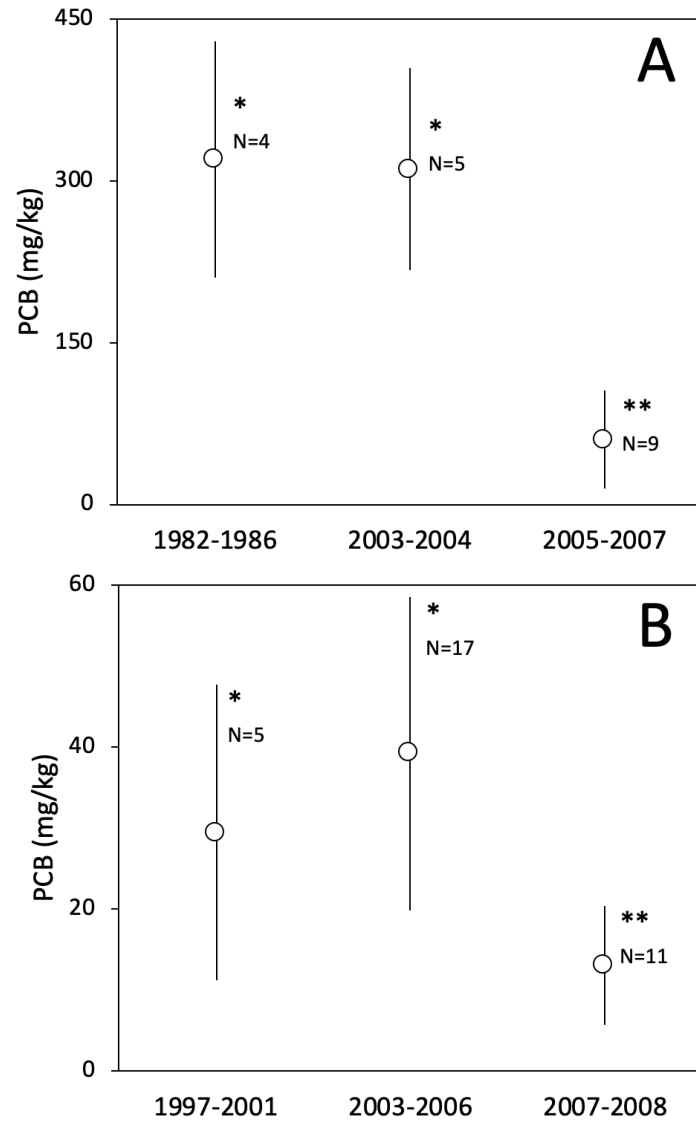


Figura 4. Médias (círculos) e desvio padrão (barras verticais) de concentração de PCB (mg/kg) na gordura subcutânea de *Orcinus orca* selecionadas (adultos e juvenis) para teste de acúmulo temporal, na A as orcas comedoras de mamíferos do hemisfério norte e na B as orcas piscívoras do hemisfério norte. Asteriscos diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) no teste de Mann-Whitney.

DISCUSSÃO

Neste estudo, identificamos que os grupos de orcas apresentaram categorias de hábitos alimentares distintos entre eles na análise nMDS, o que mostra que os grupos estudados possuem uma alimentação especializada e conseqüentemente diferentes acúmulos de PCBs na gordura subcutânea. Nossos resultados também mostraram que as orcas piscívoras do hemisfério norte apresentaram resultado quase similar às orcas da Antártida, alertando que mesmo em um lugar tão distante e com pouca interferência humana no meio ambiente, a população de orcas desse local também está sofrendo com a bioacumulação e biomagnificação. Além disso, o acúmulo de PCBs nas orcas comedoras de mamíferos do hemisfério norte e as orcas piscívoras do hemisfério norte apresentaram um mesmo padrão de redução depois da metade dos anos 2000, indicando que existe uma resposta positiva na espécie após a Convenção de Estocolmo implantada em 2004.

Um limite de concentração de PCB geralmente usado para efeitos imunotóxicos em mamíferos marinhos é de 17 mg/kg, enquanto o limite mais alto de toxicidade de PCB para a reprodução calculada para mamíferos marinhos é de 41 mg/kg (Kannan et al. 2000; Helle et al. 1976). Das 75 orcas estudadas, nosso estudo mostra que 52% dos indivíduos no presente estudo estão acima de 17 mg/kg e 37% acima de 41 mg/kg.

Estudos anteriores (Remili et al. 2021; Kran et al. 2007) identificaram que as orcas são de fato um predador generalista com tendência a adotar presas especializadas no nível individual ou populacional, fornecendo assim informações importantes sobre como a ecologia alimentar pode interferir na acumulação de contaminantes em diversos órgãos do corpo.

Os PCBs não são as únicas ameaças às orcas, outros POPs também são importantes fontes de contaminação, alguns exemplos são o hexaclorobenzeno – HCB, hexaclorociclohexano – HCH, diclorodifeniltricloroetano – DDT, éteres Difenílicos Polibromados – PBDE, onde a exposição aos POPs pode causar malformações do feto, danos aos sistemas nervoso, endócrino, reprodutivo e imunológico. Alguns POPs, particularmente DDT, dioxinas e bifenilas policloradas, são considerados interferentes endócrinos, ou seja, são substâncias químicas que podem interferir na produção ou na atividade de hormônios no sistema endócrino.

Orcas transientes do Nordeste do Pacífico especializaram-se em mamíferos marinhos de várias espécies (Ford et al., 1998; Ross et al., 2000). Herman et al. (2005) encontrou PCBs na faixa de 8,2-25 mg/kg em orcas residentes e de 100-180 mg/kg em orcas transientes do Pacífico. As orcas comedoras de mamíferos são os animais mais “contaminados” do mundo, os níveis significativamente elevados de PCB podem ser facilmente atribuídos à predação em presas de mamíferos marinhos de nível trófico superior (por exemplo, baleias, focas etc.) e a transferência resultante de altos níveis de contaminantes bioacumulados por presa-predador.

Nas regiões com muitos estudos, como no Canadá e EUA, é possível observar grandes diferenças na ecologia alimentar entre as populações de orcas (Ross et al. 2000; Kran et al. 2007 e Mchugh et al. 2007). Tal padrão pôde ser visto nas concentrações encontradas de PCB nas orcas do presente estudo, onde os animais desses locais apresentaram maiores teores em relação aos indivíduos da Antártida. Demonstrando assim que o fator local como o tipo de dieta onde foi coletado, exerceu uma maior influência na distribuição de teores nas *O. orca* estudadas do que os fatores globais. Assim, a explicação mais provável seria que as diferenças na dieta são predominantes como fator explicativo para a variação nas concentrações de contaminantes entre as orcas. De fato, existe uma grande diferença nas concentrações de contaminantes entre orcas piscívoras e comedoras de mamíferos no nordeste do Pacífico, sendo 4x menor nas piscívoras.

As orcas piscívoras da Antártida (tipo C) possuem uma dieta principalmente de peixes (Lauriano et al. 2019), podendo suplementar sua dieta com outras fontes de alimento (ex: pinípedes, cetáceos, pinguins etc.) (Kran et al.2008; Pitman e Ensor 2003), assim como algumas populações de orcas piscívoras do hemisfério norte também podem fazer o mesmo (Remili et al. 2021; Pedro et al.2017). Já as residentes do Canadá se especializaram e desenvolveram metodologias para caçar peixes, principalmente salmão do Pacífico (*Oncorhynchus spp.*) (Ford et al. 1998; Saulitis et al. 2000; Ford e Ellis 2013). Isso mostra que os ecótipos possuem dietas distintas e podem variar a alimentação durante um certo período do ano, por conta de migração das espécies específicas de peixes de sua alimentação, levando a acúmulos diferentes de PCB nos seus tecidos.

Segundo Ford et al., 1998, o salmão representa cerca de 96% da dieta das populações de orcas piscívoras residentes do Canadá. Essas populações de salmão apresentam

médias de 0,218 mg/kg de PCBs em seu organismo (Gerig et al., 2018), sendo 4 vezes maior do que valores encontrados em marlonga negra (*Dissostichus mawsoni*), que é a principal espécie de alimento das orcas piscívoras da Antártida, onde Corsolini et.al, 2004 encontrou valores de 0,052 mg/kg no ambiente Antártico. Essa diferença corrobora com os resultados encontrados quando comparamos os dois grupos de piscívoras, a do hemisfério norte e da Antártida no estudo. Por serem mais contaminados, os salmonídeos acabam sendo uma “fonte” de PCBs mais prejudiciais do que outros tipos de peixes como arenque ou marlonga negra, peixes comuns em dietas de orcas piscívoras do norte da Europa e orcas da Antártida.

Uma explicação do porquê o acúmulo de PCBs nas orcas piscívoras de diferentes regiões é diferente seria que os PCBs podem ser transportados a distâncias significativas além de suas fontes de produção ou inserção para regiões onde não há histórico de produção ou uso de PCB – como o Ártico e Antártida (Wania e Mackay 1996). Como existe uma grande população muito bem descrita de orcas no Canadá e algumas na Europa, os animais dessa área acabam se alimentando de peixes já com uma bioacumulação elevada.

Depois da Convenção de Estocolmo realizada em 2001, sua entrada em vigor aconteceu no ano de 2004 e os níveis de PCBs em toda a biota e as matrizes ambientais começaram a cair em todas as regiões do mundo (Jepson et al., 2016). Isso mostra que os resultados encontrados nas orcas comedoras de mamíferos e orcas piscívoras do hemisfério norte ajudam a explicar algumas mudanças, mesmo que pequenas, já encontradas em algumas espécies importantes para a biota marinha.

CONCLUSÃO

A concentração de PCB nas orcas tem a maior influência dos fatores regionais do que globais.

Evidenciamos que as diferentes populações de orcas de todo o mundo sofrem influência do PCB em seus organismos, o que está relacionado a um conjunto de fatores que englobam desde singularidades ecológicas de cada população à processos fisiológicos.

Ações antrópicas estão intensificando processos de entrada desse composto químico tão singular e danoso para o meio ambiente como um todo, uma vez que o impacto previsto para o futuro da espécie será declínios populacionais contínuos e até mesmo extinções localizadas em regiões industrializadas, ou não.

Desta forma, em função das crescentes ameaças e preocupação com a conservação das orcas e seus habitats, a insuficiência de dados da espécie em diversos oceanos e mares, tornam-se urgentes estudos que ofereçam base técnico-científica para ações de conservação desta espécie, focados na detecção de áreas de concentração, caracterização do uso do habitat assim como estudos de ecotoxicidade.

REFERÊNCIAS

Bigg, M.A., Olesiuk, P.F., Ellis, G.M., Ford, J.K.B. & Balcomb, K.C. (1990) Social organizations and genealogy of resident killer whales (*Orcinus orca*) in the coastal waters of British Columbia and Washington State. Report of the International Whaling Commission, Special Issue 12, 383–405.

CARDOSO M.H.W.M; NÓBREGA, A.W.; VITAL, H.C; ABRANTES, S.M.P. Preparação de um material de referência certificado para controle de agrotóxicos em hortifrutigranjeiros: estudo da estabilidade. Ciênc. Tecnol. Aliment. vol.30 no.2. Campinas Abril/Junho, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000200022>.

Chasco, B. E., Kaplan, I. C., Thomas, A. C., Acevedo-Gutiérrez, A., Noren, D. P., Ford, M. J., ... Ward, E. J. (2017). Competing tradeoffs between increasing marine mammal predation and fisheries harvest of Chinook salmon. *Scientific Reports*, 7(1). doi:10.1038/s41598-017-14984-8.

Corsolini, S., Ademollo, N., Romeo, T., Greco, S., & Focardi, S. (2005). Persistent organic pollutants in edible fish: a human and environmental health problem. *Microchemical Journal*, 79(1-2), 115–123. doi:10.1016/j.microc.2004.10.006

de Bruyn, P.J.N., Tosh, C.A. and Terauds, A. (2013), Killer whale ecotypes: is there a global model?. *Biological Reviews*, 88: 62-80. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2012.00239.x>

Desforbes, J.-P., Hall, A., McConnell, B., Rosing-Asvid, A., Barber, J. L., Brownlow, A., ... Dietz, R. (2018). Predicting global killer whale population collapse from PCB pollution. *Science*, 361(6409), 1373–1376. doi:10.1126/science.aat1953.

Ferguson, S. H., Higdon, J. W., & Chmelnitsky, E. G. (2010). The Rise of Killer Whales as a Major Arctic Predator. *A Little Less Arctic*, 117–136. doi:10.1007/978-90-481-9121-5_6.

Ford, J. K. B., & Ellis, G. M. (2013). You Are What You Eat: Foraging Specializations and Their Influence on the Social Organization and Behavior of Killer Whales. *Primate Monographs*, 75–98. doi:10.1007/978-4-431-54523-1_4.

Ford, J. K. B.; Ellis, G. M.; Barrett-Lennard, L. G.; Morton, A. B.; Palm, R. S.; Balcomb, K. C. Dietary specialization in two sympatric populations of killer whales (*Orcinus orca*) in coastal British Columbia and adjacent waters. *Can. J. Zool.* 1998, 76, 1456-1471.

Ford, M. J., Hempelmann, J., Hanson, M. B., Ayres, K. L., Baird, R. W., Emmons, C. K., ... Park, L. K. (2016). Estimation of a Killer Whale (*Orcinus orca*) Population's Diet Using Sequencing Analysis of DNA from Feces. *PLOS ONE*, 11(1), e0144956. doi:10.1371/journal.pone.0144956.

Ford JKB. Killer whales *Orcinus orca*. In: Perrin WF, WuÈ rsign B, Thewissen JGM, editors. *The encyclopedia of marine mammals*. 2nd ed. San Diego, USA: Academic Press; 2009. p. 650±7.

Ford JKB, Ellis GM (2006) Selective foraging by fish-eating killer whales *Orcinus orca* in British Columbia. *Mar Ecol Prog Ser* 316:185–199

Forney KA, Wade PR. Worldwide distribution and abundance of killer whales. In: Estes JA, Demaster DP, Doak DF, Williams TM, Brownell RL, Jr., editors. *Whales, whaling and ocean ecosystems*. 2006. p. 145±62.

Gerig BS, Chaloner DT, Janetski DJ, et al. Environmental context and contaminant biotransport by Pacific salmon interact to mediate the bioaccumulation of contaminants by stream-resident fish. *J Appl Ecol.* 2018;00:1–14.

Haenel, N. J. 1986. General notes on the behavioral ontogeny of Puget Sound killer whales and the occurrence of allomaternal behavior. Pp. 285–300 in *Behavioral*

biology of killer whales (B. C. Kirkevold and J. S. Lockard, eds.). Alan R. Liss, New York.

Helle, E.; Olsson, M.; Jensen, S. PCB levels correlated with pathological changes in seal uteri. *Ambio* 1976, 5 (5/6), 261–262.

Herman, DP & Burrows, Douglas & Wade, PR & Durban, JW & Matkin, Craig & LeDuc, RG & Barrett-Lennard, LG & Krahn, MM. (2005). Feeding ecology of eastern North Pacific killer whales *Orcinus orca* from fatty acid, stable isotope, and organochlorine analyses of blubber biopsies. *Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER.* 302. 275-291. 10.3354/meps302275.

Hickie, B. E., Ross, P. S., Macdonald, R. W., & Ford, J. K. B. (2007). Killer Whales (*Orcinus orca*) Face Protracted Health Risks Associated with Lifetime Exposure to PCBs. *Environmental Science & Technology*, 41(18), 6613–6619. doi:10.1021/es0702519.

Houghton, J., Baird, R. W., Emmons, C. K., & Hanson, M. B. (2015). Changes in the Occurrence and Behavior of Mammal-Eating Killer Whales in Southern British Columbia and Washington State, 1987–2010. *Northwest Science*, 89(2), 154–169. doi:10.3955/046.089.0207.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Reference materials - Selected terms and definitions. In: ISO guide 30:2015.

Jepson, P. D., & Law, R. J. (2016). Persistent pollutants, persistent threats. *Science*, 352(6292), 1388–1389. doi:10.1126/science.aaf9075.

Kannan, K.; Blankenship, A. L.; Jones, P. D.; Giesy, J. P. Toxicity Reference Values for the Toxic Effects of Polychlorinated Biphenyls to Aquatic Mammals. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 2000, 6 (1), 181–201.

Krahn, M. M., Pitman, R. L., Burrows, D. G., Herman, D. P., & Pearce, R. W. (2008). Use of chemical tracers to assess diet and persistent organic pollutants in Antarctic Type C killer whales. *Marine Mammal Science*, 24(3), 643–663. doi:10.1111/j.1748-7692.2008.00213.x

Krahn, M. M., Hanson, M. B., Baird, R. W., Boyer, R. H., Burrows, D. G., Emmons, C. K., ... Collier, T. K. (2007). Persistent organic pollutants and stable isotopes in biopsy

samples (2004/2006) from Southern Resident killer whales. *Marine Pollution Bulletin*, 54(12), 1903–1911.

Lacy, Robert & Williams, Rob & Ashe, Erin & Iii, Kenneth & Brent, Lauren & Clark, Christopher & Croft, Darren & Giles, Deborah & MacDuffee, Misty & Paquet, Paul. (2017). Evaluating anthropogenic threats to endangered killer whales to inform effective recovery plans OPEN. *Scientific Reports*. 7. 10.1038/s41598-017-14471-0.

Lauriano, G., Pirotta, E., Joyce, T., Pitman, R. L., Borrell, A., & Panigada, S. (2020). Movements, diving behaviour and diet of type-C killer whales (*Orcinus orca*) in the Ross Sea, Antarctica. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. doi:10.1002/aqc.3371

Lawson, Teresa & Ylitalo, Gina & O'Neill, Sandra & Dahlheim, Marilyn & Wade, Paul & Matkin, Craig & Burkanov, Vladimir & Boyd, Daryle. (2020). Concentrations and profiles of organochlorine contaminants in North Pacific resident and transient killer whale (*Orcinus orca*) populations. *Science of The Total Environment*. 722. 137776. 10.1016/j.scitotenv.2020.137776.

McHugh, B., Law, R. J., Allchin, C. R., Rogan, E., Murphy, S., Foley, M. B., ... McGovern, E. (2007). Bioaccumulation and enantiomeric profiling of organochlorine pesticides and persistent organic pollutants in the killer whale (*Orcinus orca*) from British and Irish waters. *Marine Pollution Bulletin*, 54(11), 1724–1731. doi:10.1016/j.marpolbul.2007.07.004.

Molles, Manuel C., Jr. (2005). *Ecology: Concepts and Applications* 3rd ed. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc. 201 páginas. ISBN 0-07-243969-6

Pedro, S., Boba, C., Dietz, R., Sonne, C., Rosing-Asvid, A., Hansen, M., ... McKinney, M. A. (2017). Blubber-depth distribution and bioaccumulation of PCBs and organochlorine pesticides in Arctic-invading killer whales. *Science of The Total Environment*, 601-602, 237–246. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.05.193.

Reisinger, R. R., Keith, M., Andrews, R. D., & de Bruyn, P. J. N. (2015). Movement and diving of killer whales (*Orcinus orca*) at a Southern Ocean archipelago. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 473, 90–102. doi:10.1016/j.jembe.2015.08.008.

Remili, Anaïs & Letcher, Robert & Samarra, Filipa & Dietz, Rune & Sonne, Christian & Desforges, Jean-Pierre & Víkingsson, Gísli & Blair, David & McKinney, Melissa. (2021). Individual Prey Specialization Drives PCBs in Icelandic Killer Whales. *Environmental Science & Technology*. 55. 10.1021/acs.est.0c08563.

Robeck, T. R., et al. 1993. Analysis of urinary immunoreactive steroid metabolites and gonadotropins for characterization of the estrous cycle, breeding period, and seasonal estrous activity of captive killer whales (*Orcinus orca*). *Zoo Biology* 12:173–188.

Robeck, Todd & Monfort, S. (2006). Characterization of male killer whale (*Orcinus orca*) sexual maturation and reproductive seasonality. *Theriogenology*. 66. 242-50. 10.1016/j.theriogenology.2005.11.007.

Robert L. Pitman and Paul Ensor. Three forms of killer whales (*Orcinus orca*) in Antarctic waters. *J. CETACEAN RES. MANAGE*. 5(2):131–139, 2003.

Ross, Peter & Ellis, G.M & Ikonomou, M.G & Barrett-Lennard, L.G & Addison, R.F. (2000). High PCB Concentrations in Free-Ranging Pacific Killer Whales, *Orcinus orca*: Effects of Age, Sex and Dietary Preference. *Marine Pollution Bulletin*. 40. 504-515. 10.1016/S0025-326X(99)00233-7.

Saulitis E, Matkin C, Barrett-Lennard L, Heise K, Ellis G (2000) Foraging strategies of sympatric killer whale (*Orcinus orca*) populations in Prince William Sound. *Alaska Mar Mamm Sci* 16:94–109.

UNEP. Stockholm Convention. Protecting human health and the environment from persistent organic pollutants. 2012.

WANIA, F., AND D. MACKAY. 1996. Tracking the distribution of persistent organic pollutants. *Environmental Science & Technology* 30:A390–A396.

Wasser SK, Lundin JI, Ayres K, Seely E, Giles D, Balcomb K, et al. (2017) Population growth is limited by nutritional impacts on pregnancy success in endangered Southern Resident killer whales (*Orcinus orca*). *PLoS ONE* 12(6): e0179824. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179824>

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela S1: Tabela com dados de local, ano, década, classe etária, PCB mg/kg, dieta, hemisfério, zona, oceano, parâmetro, latitude e longitude e bibliografia dos indivíduos utilizados para análise no presente estudo.

Country	Year	Decade	Age class	PCB (mg/kg)	Diet	Hemisphere	Zone	Ocean	Parameter	Latitude (GD)	Longitude (GD)	Bibliography
Japan	1982	1981-1990	Adult	160	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	GC-ECD	35.6894	139.692	Tanabe, S., Kannan, N., Subramanian, A., Watanabe, S., & Tatsukawa, R. (1987). Highly toxic coplanar PCBs: Occurrence, source, persistency and toxic implications to wildlife and humans. <i>Environmental Pollution</i> , 47(2), 147–163.
Uyeasound, Shetland, Scotland	1994	1991-2000	Juvenile	3.31	fish-eating	North	North Atlantic	Atlantic	GC-MS	60.688500000	-0.9195	McHugh, B., Law, R. J., Allchin, C. R., Rogan, E., Murphy, S., Foley, M. B., ... McGovern, E. (2007). Bioaccumulation and enantiomeric profiling of organochlorine pesticides and persistent organic pollutants in the killer whale (<i>Orcinus orca</i>) from British and Irish waters. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(11), 1724–1731. doi:10.1016/j.marpolbul.2007.07.007
Harris, Western Isles, Scotland	1997	1991-2000	Adult	365	fish-eating	North	North Atlantic	Atlantic	GC-MS	57.805000000	-7.081666666	McHugh, B., Law, R. J., Allchin, C. R., Rogan, E., Murphy, S., Foley, M. B., ... McGovern, E. (2007). Bioaccumulation and enantiomeric profiling of organochlorine pesticides and persistent organic pollutants in the killer whale (<i>Orcinus orca</i>) from British and Irish waters. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(11), 1724–1731. doi:10.1016/j.marpolbul.2007.07.007
River Mersey, England	2001	2001-2010	Adult	55.3	fish-eating	North	North Atlantic	Atlantic	GC-MS	53.433666666	-3.016166666	McHugh, B., Law, R. J., Allchin, C. R., Rogan, E., Murphy, S., Foley, M. B., ... McGovern, E. (2007). Bioaccumulation and enantiomeric profiling of organochlorine pesticides and persistent organic pollutants in the killer whale (<i>Orcinus orca</i>) from British and Irish waters. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(11), 1724–1731. doi:10.1016/j.marpolbul.2007.07.007
Roches point, Cork, Ireland	2001	2001-2010	Adult	47	fish-eating	North	North Atlantic	Atlantic	GC-MS	51.783333333	-8.255000000	McHugh, B., Law, R. J., Allchin, C. R., Rogan, E., Murphy, S., Foley, M. B., ... McGovern, E. (2007). Bioaccumulation and enantiomeric profiling of organochlorine pesticides and persistent organic pollutants in the killer whale (<i>Orcinus orca</i>) from British and Irish waters. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(11), 1724–1731. doi:10.1016/j.marpolbul.2007.07.007
Sandside Bay, Reay, Scotland	1994	1991-2000	Adult	23.5	fish-eating	North	North Atlantic	Atlantic	GC-MS	58.568333333	3.776166666	McHugh, B., Law, R. J., Allchin, C. R., Rogan, E., Murphy, S., Foley, M. B., ... McGovern, E. (2007). Bioaccumulation and enantiomeric profiling of organochlorine pesticides and persistent organic pollutants in the killer whale (<i>Orcinus orca</i>) from British and Irish waters. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(11), 1724–1731. doi:10.1016/j.marpolbul.2007.07.007

Catfirth Voe, Shetland, Scotland	1994	1991-2000	Adult	11.6	fish-eating	North	North Atlantic	Atlantic	GC-MS	60.26916666	-1.19554469	McHugh, B., Law, R. J., Allchin, C. R., Rogan, E., Murphy, S., Foley, M. B., ... McGovern, E. (2007). Bioaccumulation and enantiomeric profiling of organochlorine pesticides and persistent organic pollutants in the killer whale (<i>Orcinus orca</i>) from British and Irish waters. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(11), 1724–1731. doi:10.1016/j.marpolbul.2007.07.007
Pegwell Bay, Kent, England	1995	1991-2000	Adult	9.54	fish-eating	North	North Atlantic	Atlantic	GC-MS	51.31666666	1.36666666	McHugh, B., Law, R. J., Allchin, C. R., Rogan, E., Murphy, S., Foley, M. B., ... McGovern, E. (2007). Bioaccumulation and enantiomeric profiling of organochlorine pesticides and persistent organic pollutants in the killer whale (<i>Orcinus orca</i>) from British and Irish waters. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(11), 1724–1731. doi:10.1016/j.marpolbul.2007.07.007
US (Puget Sound/Georgia Basin)	2006	2001-2010	Adult	180	fish-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	48.716667	-123.133333	Krahn, M. M., Hanson, M. B., Baird, R. W., Boyer, R. H., Burrows, D. G., Emmons, C. K., ... Collier, T. K. (2007). Persistent organic pollutants and stable isotopes in biopsy samples (2004/2006) from Southern Resident killer whales. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(12), 1903–1911.
EUA(Puget Sound/Strait of Juan de Fuca) e Canadá (Strait of Georgia)	2006	2001-2010	Adult	56	fish-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	48.716667	-123.133333	Krahn, M. M., Hanson, M. B., Baird, R. W., Boyer, R. H., Burrows, D. G., Emmons, C. K., ... Collier, T. K. (2007). Persistent organic pollutants and stable isotopes in biopsy samples (2004/2006) from Southern Resident killer whales. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(12), 1903–1911.
EUA(Puget Sound/Strait of Juan de Fuca) e Canadá (Strait of Georgia)	2006	2001-2010	Adult	45	fish-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	48.716667	-123.133333	Krahn, M. M., Hanson, M. B., Baird, R. W., Boyer, R. H., Burrows, D. G., Emmons, C. K., ... Collier, T. K. (2007). Persistent organic pollutants and stable isotopes in biopsy samples (2004/2006) from Southern Resident killer whales. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(12), 1903–1911.
EUA(Puget Sound/Strait of Juan de Fuca) e Canadá (Strait of Georgia)	2004	2001-2010	Adult	45	fish-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	48.716667	-123.133333	Krahn, M. M., Hanson, M. B., Baird, R. W., Boyer, R. H., Burrows, D. G., Emmons, C. K., ... Collier, T. K. (2007). Persistent organic pollutants and stable isotopes in biopsy samples (2004/2006) from Southern Resident killer whales. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(12), 1903–1911.
EUA(Puget Sound/Strait of Juan de Fuca) e Canadá (Strait of Georgia)	2004	2001-2010	Adult	36	fish-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	48.716667	-123.133333	Krahn, M. M., Hanson, M. B., Baird, R. W., Boyer, R. H., Burrows, D. G., Emmons, C. K., ... Collier, T. K. (2007). Persistent organic pollutants and stable isotopes in biopsy samples (2004/2006) from Southern Resident killer whales. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(12), 1903–1911.
EUA(Puget Sound/Strait of Juan de Fuca) e Canadá (Strait of Georgia)	2006	2001-2010	Adult	74	fish-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	48.716667	-123.133333	Krahn, M. M., Hanson, M. B., Baird, R. W., Boyer, R. H., Burrows, D. G., Emmons, C. K., ... Collier, T. K. (2007). Persistent organic pollutants and stable isotopes in biopsy samples (2004/2006) from Southern Resident killer whales. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(12), 1903–1911.
EUA(Puget Sound/Strait of Juan de Fuca) e Canadá (Strait of Georgia)	2004	2001-2010	Adult	22	fish-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	48.716667	-123.133333	Krahn, M. M., Hanson, M. B., Baird, R. W., Boyer, R. H., Burrows, D. G., Emmons, C. K., ... Collier, T. K. (2007). Persistent organic pollutants and stable isotopes in biopsy samples (2004/2006) from Southern Resident killer whales. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(12), 1903–1911.

EUA(Puget Sound/Strait of Juan de Fuca) e Canadá (Strait of Georgia)	2006	2001-2010	Adult	50	fish-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	48.716667	-123.133333	Krahn, M. M., Hanson, M. B., Baird, R. W., Boyer, R. H., Burrows, D. G., Emmons, C. K., ... Collier, T. K. (2007). Persistent organic pollutants and stable isotopes in biopsy samples (2004/2006) from Southern Resident killer whales. <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 54(12), 1903–1911.
Japan	1986	1981-1990	Adult	410	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	Chromatography followed by gas chromatography and HPLC clean-up	35.6894	139.692	Ono, M., Kannan, N., Wakimoto, T., & Tatsukawa, R. (1987). Dibenzofurans a greater global pollutant than dioxins ? <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 18(12), 640–643.
Japan	1986	1981-1990	Adult	360	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	Chromatography followed by gas chromatography and HPLC clean-up	35.6894	139.692	Ono, M., Kannan, N., Wakimoto, T., & Tatsukawa, R. (1987). Dibenzofurans a greater global pollutant than dioxins ? <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 18(12), 640–643.
Japan	1986	1981-1990	Adult	350	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	Chromatography followed by gas chromatography and HPLC clean-up	35.6894	139.692	Ono, M., Kannan, N., Wakimoto, T., & Tatsukawa, R. (1987). Dibenzofurans a greater global pollutant than dioxins ? <i>Marine Pollution Bulletin</i> , 18(12), 640–643.
Hokkaido, Japan	2005	2001-2010	Adult	53.4	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	43.283333	143.083333	Haraguchi, K., Hisamichi, Y., & Endo, T. (2009). Accumulation and mother-to-calf transfer of anthropogenic and natural organohalogenes in killer whales (<i>Orcinus orca</i>) stranded on the Pacific coast of Japan. <i>Science of The Total Environment</i> , 407(8), 2853–2859.
Hokkaido, Japan	2005	2001-2010	Adult	42.3	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	43.283333	143.083333	Haraguchi, K., Hisamichi, Y., & Endo, T. (2009). Accumulation and mother-to-calf transfer of anthropogenic and natural organohalogenes in killer whales (<i>Orcinus orca</i>) stranded on the Pacific coast of Japan. <i>Science of The Total Environment</i> , 407(8), 2853–2859.
Hokkaido, Japan	2005	2001-2010	Adult	31.4	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	43.283333	143.083333	Haraguchi, K., Hisamichi, Y., & Endo, T. (2009). Accumulation and mother-to-calf transfer of anthropogenic and natural organohalogenes in killer whales (<i>Orcinus orca</i>) stranded on the Pacific coast of Japan. <i>Science of The Total Environment</i> , 407(8), 2853–2859.
Hokkaido, Japan	2005	2001-2010	Adult	26.6	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	43.283333	143.083333	Haraguchi, K., Hisamichi, Y., & Endo, T. (2009). Accumulation and mother-to-calf transfer of anthropogenic and natural organohalogenes in killer whales (<i>Orcinus orca</i>) stranded on the Pacific coast of Japan. <i>Science of The Total Environment</i> , 407(8), 2853–2859.

Hokkaido, Japan	2005	2001-2010	Adult	21.9	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	43.283333	143.083333	Haraguchi, K., Hisamichi, Y., & Endo, T. (2009). Accumulation and mother-to-calf transfer of anthropogenic and natural organohalogens in killer whales (<i>Orcinus orca</i>) stranded on the Pacific coast of Japan. <i>Science of The Total Environment</i> , 407(8), 2853–2859.
Hokkaido, Japan	2005	2001-2010	Adult	18.5	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	GC-MS	43.283333	143.083333	Haraguchi, K., Hisamichi, Y., & Endo, T. (2009). Accumulation and mother-to-calf transfer of anthropogenic and natural organohalogens in killer whales (<i>Orcinus orca</i>) stranded on the Pacific coast of Japan. <i>Science of The Total Environment</i> , 407(8), 2853–2859.
British Columbia, Canada	2004	2001-2010	Adult	404.55	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (<i>Orcinus orca</i>) from the NE Pacific Ocean. <i>Environmental Science & Technology</i>, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Adult	305.55	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (<i>Orcinus orca</i>) from the NE Pacific Ocean. <i>Environmental Science & Technology</i>, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Adult	297.09	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (<i>Orcinus orca</i>) from the NE Pacific Ocean. <i>Environmental Science & Technology</i>, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2004	2001-2010	Adult	164.89	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (<i>Orcinus orca</i>) from the NE Pacific Ocean. <i>Environmental Science & Technology</i>, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Adult	115.93	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (<i>Orcinus orca</i>) from the NE Pacific Ocean. <i>Environmental Science & Technology</i>, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j

British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Juvenile	7.77	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Adult	11.02	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Adult	11.05	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Juvenile	11.93	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Juvenile	13.26	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Juvenile	14.83	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Adult	16.13	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j

British Columbia, Canada	2004	2001-2010	Juvenile	19.19	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Juvenile	19.54	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Adult	20.48	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Juvenile	27.99	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Juvenile	30.32	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Juvenile	41.74	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Adult	86.91	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j

British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Adult	124.66	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Juvenile	144.37	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Juvenile	380.27	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Adult	573.9	mammal-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2004	2001-2010	Adult	28.34	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2003	2001-2010	Adult	10.05	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Adult	3.29	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (Orcinus orca) from the NE Pacific Ocean. Environmental Science & Technology, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j

British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Adult	2.97	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (<i>Orcinus orca</i>) from the NE Pacific Ocean. <i>Environmental Science & Technology</i>, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
British Columbia, Canada	2007	2001-2010	Adult	1.69	fish-eating	North	Pacific	Pacific	HRGC-HRMS	52.49916	-129.76694	Buckman, A. H., Veldhoen, N., Ellis, G., Ford, J. K. B., Helbing, C. C., & Ross, P. S. (2011). PCB-Associated Changes in mRNA Expression in Killer Whales (<i>Orcinus orca</i>) from the NE Pacific Ocean. <i>Environmental Science & Technology</i>, 45(23), 10194–10202. doi:10.1021/es201541j url to share this paper: sci-hub.tw/10.1021/es201541j
McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica	2001	2001-2010	Adult	240	fish-eating	South	Antartic	Antartic	TLC-FID	-77.533333	165.75000	Krahn, M. M., Pitman, R. L., Burrows, D. G., Herman, D. P., & Pearce, R. W. (2008). Use of chemical tracers to assess diet and persistent organic pollutants in Antarctic Type C killer whales. <i>Marine Mammal Science</i> , 24(3), 643–663.
McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica	2001	2001-2010	Adult	93	fish-eating	South	Antartic	Antartic	TLC-FID	-77.533333	165.75000	Krahn, M. M., Pitman, R. L., Burrows, D. G., Herman, D. P., & Pearce, R. W. (2008). Use of chemical tracers to assess diet and persistent organic pollutants in Antarctic Type C killer whales. <i>Marine Mammal Science</i> , 24(3), 643–663.
McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica	2001	2001-2010	Adult	3.6	fish-eating	South	Antartic	Antartic	TLC-FID	-77.533333	165.75000	Krahn, M. M., Pitman, R. L., Burrows, D. G., Herman, D. P., & Pearce, R. W. (2008). Use of chemical tracers to assess diet and persistent organic pollutants in Antarctic Type C killer whales. <i>Marine Mammal Science</i> , 24(3), 643–663.
McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica	2001	2001-2010	Adult	2.2	fish-eating	South	Antartic	Antartic	TLC-FID	-77.533333	165.75000	Krahn, M. M., Pitman, R. L., Burrows, D. G., Herman, D. P., & Pearce, R. W. (2008). Use of chemical tracers to assess diet and persistent organic pollutants in Antarctic Type C killer whales. <i>Marine Mammal Science</i> , 24(3), 643–663.
McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica	2001	2001-2010	Adult	1.9	fish-eating	South	Antartic	Antartic	TLC-FID	-77.533333	165.75000	Krahn, M. M., Pitman, R. L., Burrows, D. G., Herman, D. P., & Pearce, R. W. (2008). Use of chemical tracers to assess diet and persistent organic pollutants in Antarctic Type C killer whales. <i>Marine Mammal Science</i> , 24(3), 643–663.
McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica	2001	2001-2010	Adult	1.5	fish-eating	South	Antartic	Antartic	TLC-FID	-77.533333	165.75000	Krahn, M. M., Pitman, R. L., Burrows, D. G., Herman, D. P., & Pearce, R. W. (2008). Use of chemical tracers to assess diet and persistent organic pollutants in Antarctic Type C killer whales. <i>Marine Mammal Science</i> , 24(3), 643–663.
McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica	2001	2001-2010	Adult	1.3	fish-eating	South	Antartic	Antartic	TLC-FID	-77.533333	165.75000	Krahn, M. M., Pitman, R. L., Burrows, D. G., Herman, D. P., & Pearce, R. W. (2008). Use of chemical tracers to assess diet and persistent organic pollutants in Antarctic Type C killer whales. <i>Marine Mammal Science</i> , 24(3), 643–663.
McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica	2001	2001-2010	Adult	1	fish-eating	South	Antartic	Antartic	TLC-FID	-77.533333	165.75000	Krahn, M. M., Pitman, R. L., Burrows, D. G., Herman, D. P., & Pearce, R. W. (2008). Use of chemical tracers to assess diet and persistent organic pollutants in Antarctic Type C killer whales. <i>Marine Mammal Science</i> , 24(3), 643–663.

McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica	2001	2001-2010	Adult	0.26	fish-eating	South	Antartic	Antartic	TLC-FID	-77.533333	165.75000	Krahn, M. M., Pitman, R. L., Burrows, D. G., Herman, D. P., & Pearce, R. W. (2008). Use of chemical tracers to assess diet and persistent organic pollutants in Antarctic Type C killer whales. <i>Marine Mammal Science</i> , 24(3), 643–663.
McMurdo Sound, Ross Sea, Antarctica	2001	2001-2010	Adult	0.21	fish-eating	South	Antartic	Antartic	TLC-FID	-77.533333	165.75000	Krahn, M. M., Pitman, R. L., Burrows, D. G., Herman, D. P., & Pearce, R. W. (2008). Use of chemical tracers to assess diet and persistent organic pollutants in Antarctic Type C killer whales. <i>Marine Mammal Science</i> , 24(3), 643–663.
Skalavik, Faroe Islands	2008	2001-2010	Juvenile	7.57	fish-eating	North	North Atlantic	Atlantic	GC-MS	61.83330	-6.65000	Pedro, S., Boba, C., Dietz, R., Sonne, C., Rosing-Asvid, A., Hansen, M., ... McKinney, M. A. (2017). Blubber-depth distribution and bioaccumulation of PCBs and organochlorine pesticides in Arctic-invading killer whales. <i>Science of The Total Environment</i> , 601-602, 237–246.
Tasiilaq, Greenland	2013	2011-2020	Adult	65.1	fish-eating	North	North Atlantic	Atlantic	GC-MS	65.3333333	-37.1666667	Pedro, S., Boba, C., Dietz, R., Sonne, C., Rosing-Asvid, A., Hansen, M., ... McKinney, M. A. (2017). Blubber-depth distribution and bioaccumulation of PCBs and organochlorine pesticides in Arctic-invading killer whales. <i>Science of The Total Environment</i> , 601-602, 237–246.
Klaksvik, Faroe Islands	2008	2001-2010	Adult	2.75	fish-eating	North	North Atlantic	Atlantic	GC-MS	62.22389	-6.57861	Pedro, S., Boba, C., Dietz, R., Sonne, C., Rosing-Asvid, A., Hansen, M., ... McKinney, M. A. (2017). Blubber-depth distribution and bioaccumulation of PCBs and organochlorine pesticides in Arctic-invading killer whales. <i>Science of The Total Environment</i> , 601-602, 237–246.

