

## ECOLOGIA ALIMENTAR EM MAMÍFEROS MARINHOS: TÉCNICAS DE ESTUDO

Tatiana Lemos Bisi<sup>1,2,3\*</sup>, José Lailson-Brito<sup>3</sup> & Olaf Malm<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto de Biologia, Departamento de Ecologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia. CCS, bloco A, Ilha do Fundão. Caixa Postal: 68020. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21941-902.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto de Biofísica, Laboratório de Radioisótopos. Av. Carlos Chagas Filho, 373, bloco G, sala G0-061. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21941-902.

<sup>3</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Faculdade de Oceanografia, Laboratório de Mamíferos Aquáticos e Bioindicadores. Rua São Francisco Xavier, 524, bloco E, sala 4002. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 20550-013.

E-mails: [tbisi@yahoo.com.br](mailto:tbisi@yahoo.com.br), [lailson@uerj.br](mailto:lailson@uerj.br), [olaf@biof.ufrj.br](mailto:olaf@biof.ufrj.br)

### RESUMO

Os mamíferos marinhos predam sobre uma grande variedade de presas de diferentes níveis tróficos, ocupando nichos diferenciados tanto em cadeias tróficas curtas como em cadeias tróficas longas. Estudos a respeito da ecologia alimentar dos mamíferos marinhos são importantes para entender suas interações tróficas, além de identificar as posições que eles ocupam nas teias alimentares. Estes estudos contribuem para um melhor entendimento da estrutura trófica, do fluxo de energia e do funcionamento dos ecossistemas marinhos. O objetivo dessa revisão foi apresentar os principais métodos utilizados nos estudos de ecologia trófica de mamíferos marinhos, incluindo os requisitos para suas aplicações, as informações que podem ser geradas, assim como as suas limitações. O método mais tradicional, e também o mais antigo, é a análise do conteúdo estomacal e das fezes. A importância dessa ferramenta está na possibilidade de identificação das presas e de se estimar a sua biomassa. Estas características também a tornam uma ferramenta útil como base para a aplicação dos demais métodos. Mais recentemente, duas técnicas que envolvem mensurações de isótopos estáveis e de ácidos graxos têm sido aplicadas. Ambas se baseiam no princípio de que as razões isotópicas e as assinaturas de ácidos graxos do predador refletem aquelas das presas de maneira previsível, possibilitando investigações em escala temporal e espacial do forrageamento dos mamíferos marinhos. Entretanto, essas técnicas apresentam limitações pelo fato de não permitirem a identificação das espécies consumidas, e pela necessidade de conhecimento prévio sobre as assinaturas de ácidos graxos ou razões isotópicas das presas. O fato é que nenhum dos três métodos responde a todas as perguntas em relação ao estudo da ecologia alimentar e das relações tróficas dos mamíferos marinhos. Eles constituem ferramentas complementares que devem ser usadas simultaneamente sempre que possível. Além disso, a determinação das concentrações e dos perfis de contaminação por micropoluentes pode trazer informações adicionais sobre a dieta e hábitos alimentares de mamíferos marinhos.

**Palavras-chave:** dieta; relações tróficas; conteúdo estomacal; isótopos estáveis; ácidos graxos.

### ABSTRACT

**FEEDING ECOLOGY OF MARINE MAMMALS: METHODS OF STUDY.** Marine mammals feed on a wide variety of preys from distinct trophic levels, occupying different niches in short and in long food chains. Studies on feeding ecology of marine mammals are important to understand their trophic relationships, as well as assessing their trophic levels in a food web. These investigations contribute for a better comprehension of trophic structure, energy flow and function of the marine ecosystems. The goal of this review is to present the main methods used in studies of trophic ecology of marine mammals, including requirements to their applications, information that can be generated, as well as their limitations. The more conventional method, also the older one, is the analysis of stomach contents and feces. The importance of this tool is to provide the

prey species identification and the estimative of its biomass. These features turn this into a useful tool to be also used as baseline for the other methods. Recently, two methods have been raised involving stable isotope and fatty acid. Both techniques are based on the fact that the isotopic and the fatty acid signature of the consumer reflect those of its preys in a predictable way, which allows investigations on marine mammal foraging in temporal and geographical scales. However, both methods present some limitations characterized by the fact that they do not allow identification of the consumed species, as well as by the necessity of previous knowledge on prey fatty acid signature or isotopic ratio. In fact, none of the three methods answer all questions regarding feeding ecology and trophic relationships of marine mammal. They do constitute complementary tools that should be simultaneously used wherever possible. Besides, micropollutants concentrations and patterns may provide additional information regarding diet and feeding habits of marine mammals.

**Keywords:** diet; trophic relationship; stomach content; stable isotopes; fatty acids.

## RESUMEN

**ECOLOGIA TRÓFICA DE MAMÍFEROS MARINHOS: MÉTODOS DE ESTUDIO.** Los mamíferos marinos se alimentan de una amplia variedad de presas de distintos niveles tróficos, ocupando diferentes nichos en cadenas tróficas cortas y largas. Los estudios sobre la ecología alimenticia de los mamíferos marinos son importantes para entender sus interacciones tróficas e identificar las posiciones que ellos ocupan en las cadenas alimenticias. Estas investigaciones contribuyen a una mejor comprensión de la estructura trófica, del flujo energético y del funcionamiento de los ecosistemas marinos. El objetivo de esta revisión es presentar los principales métodos utilizados en los estudios de ecología trófica de mamíferos marinos, incluyendo los requisitos para sus aplicaciones, la información que puede ser generada así como sus limitaciones. El método convencional, y también el más antiguo, es el análisis de los contenidos estomacales y de las heces. La importancia de dicho método es que provee una identificación de las especies de presas y una estimación de su biomasa. Estas características lo convierten en una herramienta útil para ser utilizada también como base de referencia para otros métodos. Recientemente, han surgido dos metodologías que involucran la medición de los isótopos estables y los ácidos grasos. Estas técnicas se basan en el principio de que las relaciones isotópicas y las firmas de los ácidos grasos de los consumidores reflejan aquellos de sus presas de una manera predictiva, permitiendo las investigaciones del comportamiento de forrajeo de los mamíferos marino en una escala temporal y geográfica. Sin embargo, ambos métodos presentan algunas limitaciones porque no permiten la identificación de las especies consumidas y por la necesidad de un conocimiento previo de las firmas de los ácidos grasos o de las relaciones isotópicas de las presas. El hecho es que ninguno de los tres métodos responde a todas las preguntas relativas a la ecología alimenticia y la relación trófica de los mamíferos marinos. Ellos constituyen herramientas complementarias para ser utilizadas simultáneamente, siempre que sea posible. Por otra parte, la determinación de las concentraciones de microcontaminantes y los perfiles de contaminación pueden proveer información adicional sobre la dieta y hábitos de alimentación de los mamíferos marinos.

**Palabras clave:** dieta; relaciones tróficas; contenidos estomacales; isótopos estables; ácidos grasos.

## INTRODUÇÃO

Os mamíferos marinhos são organismos adaptados ao ambiente aquático, que podem viver exclusivamente no meio marinho, como os cetáceos (baleias, botos e golfinhos) e sirênios (peixe-boi), ou possuir hábito parcialmente terrestre, como os pinípedes (focas, lobos-marinhos, leões-marinhos, elefantes-marinhos e morsas), as lontras-marinhas e o urso-polar. Esses animais predam uma grande

variedade de espécies de diferentes níveis tróficos, ocupando nichos diferenciados tanto em cadeias tróficas curtas, onde se alimentam de presas de níveis tróficos mais baixos, como em cadeias tróficas longas, ocupando elevados níveis tróficos (Reynolds III & Rommel 1999). Os mamíferos marinhos podem se alimentar de organismos do zooplâncton, moluscos, crustáceos, peixes, aves, quelônios e, até mesmo, de outros mamíferos marinhos, como no caso da orca (*Orcinus orca*) e do urso-polar (*Ursus maritimus*) (ex.

Matthews 1937, Nishiwaki & Handa 1958, Clapham *et al.* 1997, Rodriguez *et al.* 2002, Roberts 2003, MacLeod *et al.* 2006, Murase *et al.* 2007, Melo *et al.* 2010). Além disso, os sirênios são herbívoros, se alimentando de macroalgas e fanerógamas marinhas (Andre *et al.* 2005).

Estudos a respeito do hábito alimentar dos mamíferos marinhos são importantes para entender suas interações tróficas, além de identificar as posições que eles ocupam nas teias alimentares, contribuindo para o entendimento da estrutura trófica, do fluxo de energia e do funcionamento dos ecossistemas marinhos. Entretanto, a ecologia alimentar da maioria das espécies de mamíferos marinhos ainda é pouco conhecida. Um método utilizado para estudo da dieta dos animais é a observação direta. No caso dos mamíferos marinhos essa ferramenta é limitada às interações tróficas que ocorrem próximas à costa, sendo necessária uma plataforma de observação adequada (Tollit *et al.* 2010). Além disso, a informação a respeito da ecologia alimentar será incompleta, uma vez que a observação será limitada àquelas presas que sejam trazidas para próximo da superfície ou que tenham comportamento aéreo (Barros & Clarke 2002). Entretanto, para a maioria das espécies, a alimentação ocorre em áreas distantes da costa, em águas profundas, em áreas remotas do oceano e/ou numa grande escala espacial, dificultando ou impossibilitando a observação direta do hábito alimentar (Bowen *et al.* 2002).

O método mais tradicional e também o mais antigo utilizado nos estudos de ecologia alimentar de mamíferos marinhos é a análise do conteúdo gastrointestinal desses animais. A identificação da dieta é feita a partir de fragmentos das presas em diferentes estágios de digestão, o que pode superestimar, ou subestimar, a importância de determinadas espécies, além de dificultar a identificação daquelas presas de rápida digestão. Mais recentemente, têm sido aplicadas duas técnicas que envolvem a mensuração de isótopos estáveis e de ácidos graxos, e que refletem uma dieta assimilada pelo predador ao longo do tempo (DeNiro & Epstein 1978, 1981, Minagawa & Wada 1984, Iverson 1988, 1993). Essas técnicas se fundamentam no princípio de que as razões isotópicas e as assinaturas de ácidos graxos do predador refletem aquelas das presas de maneira previsível (DeNiro & Epstein 1978, 1981, Minagawa & Wada 1984,

Iverson 1988, 1993), possibilitando investigações em escala temporal e espacial do forrageamento dos mamíferos marinhos (Peterson & Fry 1987, Iverson *et al.* 1995). Entretanto, ambas técnicas mais recentes mencionadas apresentam limitações por não permitirem a identificação das espécies consumidas e pela necessidade de conhecimento prévio sobre as assinaturas das presas (Tollit *et al.* 2010). O objetivo dessa revisão foi apresentar os principais métodos utilizados nos estudos de ecologia alimentar de mamíferos marinhos, incluindo os requisitos para suas aplicações, as informações que podem ser geradas, assim como as limitações de cada uma das técnicas.

## CONTEÚDO DO TRATO GASTROINTESTINAL

A análise do regurgito ou fezes de animais vivos e, principalmente, do conteúdo estomacal de indivíduos mortos encalhados ou capturados acidentalmente, é o método mais tradicional nos estudos sobre a dieta de mamíferos marinhos (ex. Fiscus & Baines 1966, Brown & Mate 1983, Casaux *et al.* 1998, Di Benedetto 2000, MacLeod *et al.* 2003, Andre *et al.* 2005, Murase *et al.* 2007, Melo *et al.* 2010). Através desse método, é possível identificar de maneira qualitativa e quantitativa as espécies de presas consumidas pelo predador, possibilitando estudos da distribuição espacial e temporal dos predadores, da dinâmica predador-presa, e do monitoramento das mudanças na dieta durante o crescimento e ao longo do tempo (Barros & Clarke 2002). Outra vantagem é o baixo custo associado a esse método.

O conteúdo estomacal é coletado a partir de carcaças de animais encontrados mortos. A análise desse conteúdo é realizada a partir da identificação de presas em início de digestão por meio de estruturas externas e, principalmente, através de estruturas mais resistentes à ação gástrica, tais como otólitos de peixes teleósteos, bicos de cefalópodes e restos de carapaças de crustáceos. No caso dos peixes teleósteos, outras estruturas, como restos ósseos, vértebras, cristalinos, crânios e esporões, podem ajudar na identificação dessas presas (Hansel *et al.* 1988, Watt *et al.* 1997, Di Benedetto *et al.* 2001). Os otólitos *sagitta*, concreções de carbonato de cálcio localizadas no ouvido interno de peixes teleósteos, são as estruturas que apresentam

importância taxonômica, possibilitando a identificação das espécies consumidas (Côrrea & Vianna 1993). De maneira similar, os bicos de lulas, estruturas compostas de quitina e resistentes à ação gástrica, possuem características morfológicas que também podem ser utilizadas na identificação da espécie (Clarke 1986). Como informação complementar, o comprimento dos otólitos e dos bicos dos cefalópodes está correlacionado com as dimensões originais da presa, sendo possível estimar o comprimento total dos peixes teleósteos e do manto de cefalópodes, bem como a massa total de ambos, através de curvas de regressão encontradas na literatura (ex. Clarke 1986, Härkönen 1986, Bastos 1990, Harvey *et al.* 2000). Dessa maneira é possível calcular a biomassa de determinada presa consumida por um indivíduo ou população de mamífero marinho.

Estudos detalhados a respeito dos hábitos alimentares, principalmente de lontras-marinhas, são realizados, em sua maioria, a partir da análise de conteúdo fecal de animais vivos (Faurot *et al.* 1986, Green & Brueggeman 1991, Medina-Vogel *et al.* 2004, Mangel *et al.* 2010). Primeiramente, as fezes são lavadas e secas para posterior triagem. A análise é realizada de maneira semelhante à do conteúdo estomacal citada no parágrafo anterior, visto que as estruturas mais resistentes são separadas para a identificação dos táxons com o auxílio de coleções de referências ou guias de identificação (Medina-Vogel *et al.* 2004).

Uma série de cálculos matemáticos e estatísticos pode ser empregada para refinar investigações sobre a ecologia alimentar de mamíferos marinhos através da análise de conteúdo estomacal ou das fezes. A importância das presas na dieta pode ser expressa de diversas maneiras, através dos seguintes parâmetros descritivos (Clarke 1986, Pinkas *et al.* 1971):

1) Frequência numérica (FN): é a abundância relativa de cada presa consumida, sendo calculada pelo número de presas de um determinado táxon ( $n_i$ ), dividido pelo número total de presas nos estômagos analisados ( $n_t$ ).

$$FN_i = (n_i \times 100) / n_t$$

2) Frequência de ocorrência (FO): é a frequência relativa de ocorrência de determinada presa, sendo calculada pelo número de estômagos em que um táxon

ocorre ( $ne_i$ ) dividido pelo número total de estômagos com presença de itens alimentares ( $ne_t$ ).

$$FO_i = (ne_i \times 100) / ne_t$$

3) Porcentagem de biomassa (%B): é a biomassa relativa de cada presa consumida, sendo calculada pela quantidade de biomassa de um táxon ( $B_i$ ) dividida pela biomassa total de presas consumidas nos estômagos analisados ( $B_t$ ).

$$\%B_i = B_i / B_t \times 100$$

4) Índice de importância relativa (IIR): é uma combinação de três parâmetros (frequência de ocorrência, frequência numérica e porcentagem de biomassa). O IIR quantifica a representatividade de cada espécie de presa, em função da sua participação relativa na densidade e biomassa totais e em todos os conteúdos estomacais analisados (Pinkas *et al.* 1971). Este índice é considerado um bom indicativo da importância ecológica de uma presa em uma determinada dieta (Barros 1993, Young & Cockcroft 1994).

$$IIR = [(\%FN + \%B) \times \%FO]$$

A partir desses parâmetros descritivos é possível aplicar uma série de índices ecológicos, tais como o índice de diversidade de Shannon-Wiener, de equitabilidade, de sobreposição de nicho de Pianka (Krebs 1987) e da largura de nicho trófico para avaliação do grau de especialização de determinado consumidor (ex. Daura-Jorge 2007, Melo *et al.* 2010)

Entretanto, a análise do conteúdo gastrointestinal ou do regurgito apresenta uma série de problemas e limitações. Primeiro, a utilização de animais encalhados pode levar a um viés, refletindo a dieta de animais doentes ou feridos que não estavam se alimentando normalmente antes de morrer (Sekiguchi *et al.* 1992, Santos *et al.* 1994). Um exemplo disso é a presença de espécies costeiras de cefalópodes no conteúdo estomacal do golfinho-de-Fraser (*Lagenodelphis hosei*), uma espécie de hábito oceânico (Santos & Haimovici 2001). Mesmo que não ocorra esse viés, a análise do conteúdo estomacal reflete apenas o que o indivíduo ingeriu antes de morrer, e não o que efetivamente foi assimilado e incorporado

aos tecidos do animal ao longo da sua vida. Em terceiro lugar, a diferença no tempo de digestão entre os bicos de cefalópodes e otólitos de teleosteos pode potencializar o acúmulo de bicos nos estômagos, fazendo com que o consumo de cefalópodes seja superestimado (Clarke 1996). Por outro lado, presas que não possuam estruturas resistentes, como os invertebrados, podem ser subestimadas (Barros & Clarke 2002, Campagna *et al.* 2007). Outra limitação é a necessidade de uma coleção de referência de otólitos e bicos de lulas para que seja possível a identificação das presas (Clarke 1986, Härkönen 1986, Tuset *et al.* 2008, Tollit *et al.* 2010), assim como dados biológicos para o estabelecimento das curvas de regressão para a estimativa da biomassa e tamanho dos organismos consumidos. Por último, deve-se levar em conta, ainda, uma possível contaminação do conteúdo estomacal dos mamíferos marinhos por itens presentes no conteúdo estomacal de suas presas (Clarke 1996). Apesar das limitações apresentadas, é importante salientar que, quando a amostragem é representativa da população estudada, acessando indivíduos de ambos os sexos, de diferentes estágios de vida e épocas do ano, os resultados da análise do conteúdo gastrointestinal refletem, de maneira acurada, o hábito alimentar de uma espécie ou população de mamífero marinho.

## ISÓTOPOS ESTÁVEIS

Os isótopos são átomos de um determinado elemento que possuem o mesmo número de prótons, mas diferem quanto ao número de massa (soma de prótons e nêutrons no núcleo), devido às diferenças no número de nêutrons contidos no núcleo do átomo. Esses isótopos são estáveis quando a razão próton/nêutron está, aproximadamente, entre 1 e 1,5. A composição isotópica dos elementos na maioria dos estudos é expressa pela notação delta ( $\delta$ ) em partes por mil (‰), sendo calculada em relação a um padrão internacional:

$$\delta X = [(R_{\text{amostra}}/R_{\text{padrão}}) - 1] \times 1000$$

onde, por exemplo, X é  $^{13}\text{C}$  ou  $^{15}\text{N}$  e R é a proporção correspondente do isótopo mais pesado em relação ao mais leve (ex.  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ). O padrão utilizado para o carbono é o fóssil de *Belemnitella americana* da formação PeeDee (PDB), da Carolina do Sul (EUA)

e, para o nitrogênio, o  $\text{N}_2$  atmosférico. Quando o valor da composição isotópica é positivo, a proporção do isótopo estável mais pesado é maior na amostra, em relação ao padrão. Já quando o valor é negativo, a amostra é empobrecida no isótopo estável mais pesado, comparado ao padrão.

O uso de isótopos estáveis em estudos ecológicos é relativamente recente, começando a partir do final da década de 70 (Peterson & Fry 1987, Lajtha & Michener 1994) e eles têm sido aplicados com bastante sucesso em estudos de ecologia trófica de mamíferos marinhos (McConnaughey & McRoy 1979, Hobson *et al.* 1997a, Das *et al.* 2003, Dehn *et al.* 2006, Lewis *et al.* 2006). Os isótopos estáveis mais utilizados nesses estudos são o carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) e o nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ). Os primeiros estudos foram conduzidos em laboratório, descobrindo que a composição isotópica dos organismos alimentados por uma dieta controlada refletia a assinatura isotópica dos recursos nutricionais (DeNiro & Epstein 1978, 1981). As razões isotópicas do carbono e do nitrogênio ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  e  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) do consumidor apresentam um enriquecimento trófico comparado à composição isotópica da dieta. Dessa maneira, com a técnica de isótopos estáveis é possível estudar a assimilação de energia ou massa através dos caminhos tróficos que levam ao predador de topo de cadeia, resumindo informações sobre fluxos de energia e sobre as complexas interações da teia (Post 2002).

A principal vantagem do método é que as razões isotópicas refletem uma dieta assimilada pelo predador ao longo do tempo (DeNiro & Epstein 1978, 1981, Minagawa & Wada 1984). Por outro lado, entre as principais desvantagens e/ou limitações da mensuração de isótopos estáveis está o fato de não ser possível a identificação das espécies consumidas e nem a estimativa de biomassa, apenas o nível trófico ocupado por estas (Tollit *et al.* 2010). Além disso, é necessário o conhecimento prévio sobre a composição isotópica no tecido das presas, assim como informações sobre a assinatura isotópica na base da cadeia alimentar para comparações entre diferentes ambientes (Cabana & Rasmussen 1996, Tollit *et al.* 2010).

## FRACIONAMENTO ISOTÓPICO

Para a compreensão do fluxo de energia e das inter-relações dos organismos numa teia trófica

é fundamental o entendimento dos processos envolvidos no fracionamento isotópico, também chamado de fator de enriquecimento trófico. Esse fracionamento isotópico leva ao enriquecimento, ou empobrecimento, dos isótopos estáveis mais pesados no tecido do predador (produto) em relação ao de sua presa (fonte). Esse processo possibilita a discriminação de um dos isótopos estáveis através de reações químicas e físicas. Uma importante reação física é a difusão, onde a presença de um nêutron extra geralmente resulta em reações mais lentas. O fracionamento químico ocorre durante a formação e quebra de ligações entre átomos. Os isótopos mais pesados, por possuírem um nêutron extra em relação ao mais leve, costumam apresentar ligações mais fortes e difíceis de quebrar (Fry 2006). Desta maneira, a diferença entre as reações citadas resulta no fracionamento isotópico.

De maneira geral, os valores de enriquecimento trófico considerados são de cerca de 1-2‰ para  $\delta^{13}\text{C}$  (DeNiro & Epstein 1978) e entre 2‰ e 5‰ para  $\delta^{15}\text{N}$  (Minagawa & Wada 1984, Peterson & Fry 1987, Michener & Schell 1994). Entretanto, esses valores podem variar em relação à espécie e tecidos analisados (DeNiro & Epstein 1978, 1981, Hilderbrand *et al.* 1996, Hobson *et al.* 1996). No caso dos mamíferos marinhos, são poucos os estudos que focam o cálculo do valor de fracionamento isotópico, principalmente devido à dificuldade de estudar esses animais em laboratório ou em cativeiro. Dois estudos distintos realizados na região da Flórida (EUA) trataram do enriquecimento trófico em amostras de pele de peixe-boi, *Trichechus manatus latirostris*, a partir de dieta controlada em cativeiro (Ames *et al.* 1996, Alves-Stanley & Worthy 2009). No primeiro estudo foi verificado um valor de enriquecimento do  $\delta^{13}\text{C}$  de 4,1‰ em relação a sua dieta (Ames *et al.* 1996). Por outro lado, Alves-Stanley & Worthy (2009) encontraram um valor médio de enriquecimento trófico do  $\delta^{13}\text{C}$  inferior ( $2,8 \pm 0,9$ ‰) ao estudo anterior. De qualquer forma, ambos os estudos apontaram para valores de enriquecimento do carbono isotópico superiores aos reportados para outros organismos (ex. DeNiro & Epstein 1978, Fry *et al.* 1978, Tieszen *et al.* 1983).

O primeiro estudo do fracionamento isotópico em pinípedes foi realizado por Hobson *et al.* (1996) com três espécies de focas em cativeiro (foca-da-

Groenlândia, *Pagophilus groenlandicus*, foca-do-porto, *Phoca vitulina*, e foca-anelada, *Phoca hispida*), envolvendo mensurações de isótopos estáveis de carbono e de nitrogênio em diversos tecidos tegumentares (pele, vibrissa, unha e pelo), sangue, músculo, fígado, pulmão, coração, rim e baço. Os valores de fracionamento isotópico do estudo variaram entre 0,6‰, no fígado, e 3,2‰, nas vibrissas, para  $\delta^{13}\text{C}$  e entre 1,7‰, no sangue, e 3,1‰, no fígado, para  $\delta^{15}\text{N}$ . Na pele, o enriquecimento trófico foi de 2,8‰ e 3‰ para carbono e nitrogênio, respectivamente (Hobson *et al.* 1996). Em um estudo posterior, Lesage *et al.* (2002) investigaram o fracionamento isotópico em três espécies de focas da região do Canadá (foca-do-porto, foca-cinzenta, *Halichoerus grypus*, e foca-da-Groenlândia). Os autores analisaram hemácias, soro e pelo dos animais e encontraram valores de enriquecimento trófico variando entre 0,8‰ e 2,3‰, para  $\delta^{13}\text{C}$ , e entre 1,7‰ e 3,1‰, para  $\delta^{15}\text{N}$ . Os autores verificaram que houve pouca variação entre os valores das três espécies de focas quando submetidas às mesmas condições (ex. mesma dieta), sugerindo similaridades no processo de fracionamento isotópico entre elas.

Existe um único estudo a respeito do fracionamento isotópico em cetáceos (Caut *et al.* 2011). Em tal estudo foi investigado o padrão de discriminação isotópica entre a dieta e os componentes do sangue (plasma e hemácias) em orca e no golfinho-nariz-de-garrafa (*Tursiops truncatus*) em cativeiro. Os valores encontrados foram semelhantes para essas duas espécies, tanto para  $\delta^{13}\text{C}$  ( $2,3 \pm 0,6$ ‰ no plasma e  $2,7 \pm 0,3$ ‰ nas hemácias), como para  $\delta^{15}\text{N}$  ( $1,8 \pm 0,3$ ‰ no plasma e  $0,5 \pm 0,1$ ‰ nas hemácias). Os valores encontrados para  $\delta^{15}\text{N}$  foram menores do que os geralmente registrados em estudos de ecologia trófica (entre 2‰ e 5‰), mas foram semelhantes aos reportados para pinípedes (vide parágrafo anterior) (Caut *et al.* 2011).

Em alguns casos, é possível estimar o fator de enriquecimento trófico do  $\delta^{15}\text{N}$  através da diferença entre os valores do consumidor e da sua presa, nos casos em que a relação trófica é bem estabelecida. Esse é o caso do urso-polar, que se alimenta quase que exclusivamente da foca-anelada na região do Ártico (Stirling & McEwan 1975, Hammill & Smith 1991). Foi observada diferença de 3,8‰ entre os valores no tecido muscular das duas espécies (Hobson & Welch

1992). Entretanto, para grande parte das espécies de mamíferos marinhos, a dieta é variada, o que dificulta a determinação do valor do fracionamento isotópico, uma vez que as presas apresentam razões isotópicas distintas e a proporção da importância de cada uma na dieta é desconhecida.

### TURNOVER

A taxa de reposição dos tecidos biológicos, ou taxa de *turnover*, consiste na síntese de tecido novo no corpo e degradação daquele pré-existente. Desta maneira, o *turnover* isotópico está relacionado ao crescimento e à renovação tecidual, associados à mudança na dieta. Cada tecido possui diferentes taxas de *turnover* relacionadas ao seu metabolismo, sendo que a composição isotópica do consumidor refletirá diferentes períodos de alimentação, dependendo do tecido analisado (Tieszen *et al.* 1983, Hobson & Clark 1992, Hobson *et al.* 1996). Com isso, é importante determinar qual o período de tempo necessário para que determinado tecido do consumidor passe a refletir a composição isotópica da nova dieta. Os tecidos mais ativos metabolicamente (fígado e plasma sanguíneo) possuem taxas de *turnover* mais elevadas, refletindo a dieta recente, de poucos dias. Tecidos com taxas metabólicas intermediárias refletem uma dieta de semanas a meses, como no caso do músculo, pele, cérebro e hemácias, enquanto que tecidos menos ativos, como dentes e barbatanas (estruturas laminares, dispostas em seqüência, que os cetáceos da Parvordem Mysticeti apresentam na boca para apreensão de alimento), refletem uma dieta de anos (Tieszen *et al.* 1983, Schell *et al.* 1989, Hobson & Clark 1992, Walker *et al.* 1999, Alves-Stanley & Worthy 2009).

### COLETA E ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS

A coleta de amostras para a mensuração das razões isotópicas é feita principalmente a partir de indivíduos mortos encalhados ou capturados acidentalmente. As amostras podem ser coletadas, ainda, a partir de biópsia remota ou coleta de sangue de animais vivos no ambiente natural ou em cativeiro, no caso de estudos experimentais. O uso de amostras provenientes de carcaças possibilita o uso do músculo, que é o tecido que melhor reflete as razões isotópicas

de todo o corpo (DeNiro & Epstein 1981, Mizutani & Wada 1991, Hobson *et al.* 1996) e é o principal tipo de amostra utilizado em estudos de ecologia alimentar de mamíferos marinhos. Por outro lado, a biópsia remota permite o acesso a um maior número amostral em um curto espaço de tempo, sendo que nesse caso, o tecido utilizado é a pele. Uma série de tecidos pode ser utilizada nas mensurações de isótopos estáveis, tais como sangue, fígado, músculo, dente, pele, barbatana, entre outros. A escolha vai depender do objetivo de cada estudo, principalmente no que diz respeito à escala temporal da dieta consumida, conforme discutido no tópico anterior (*TURNOVER*).

A forma de armazenamento e a preservação das amostras são fundamentais para evitar possíveis alterações na composição isotópica do tecido que será analisado (ex. Kaehler & Pakhomov 2001, Arrington & Winemiller 2002, Edwards *et al.* 2002). A principal forma de preservação dos tecidos para mensurações de isótopos estáveis é o congelamento à -20°C, seguido da secagem ou liofilização da alíquota (ex. Das *et al.* 2003, Dehn *et al.* 2006, Bisi *et al.* 2012). Entretanto, dependendo do tipo e do local da coleta de determinada amostra, não é possível o congelamento imediato. Esse é o caso de amostras de sangue coletadas em lugares remotos, quando o recomendado é a preservação em álcool 70% (Hobson *et al.* 1997b). Uma série de estudos sugere que a preservação em álcool 70% não interfere nas razões isotópicas do sangue e músculo (Hobson *et al.* 1997b, Halley *et al.* 2008, Therrien *et al.* 2011), enquanto que algumas investigações indicam enriquecimento ou empobrecimento dos valores da composição isotópica em tecidos preservados em álcool 70% (Ponsard & Amlouc 1999, Kaehler & Pakhomov 2001, Arrington & Winemiller 2002). Um consenso entre as diversas investigações que avaliaram o efeito do tipo de preservação é que o armazenamento em formol deve ser evitado, uma vez que causa alteração significativa nas razões isotópicas de diferentes tecidos (Hobson *et al.* 1997b, Ponsard & Amlouc 1999, Edwards *et al.* 2002).

### RAZÃO ISOTÓPICA DO CARBONO – $\delta^{13}C$

A razão isotópica do carbono possibilita distinguir e investigar as contribuições relativas de diferentes fontes de alimento para determinado consumidor. A

razão em questão não indica o alimento específico ingerido pelo animal, mas sim o conjunto de alimentos que fazem parte de sua dieta (Gearing 1991). Devido ao pequeno fracionamento do carbono isotópico (cerca de 1-2‰) entre a presa e o predador, esse elemento não é o mais adequado para acessar o nível trófico, porém conserva a assinatura de sua fonte, tornando possível inferir sobre a fonte primária de carbono na base das teias alimentares, sendo usado para diferenciar fontes de plantas C3 e C4, sistemas terrestres e marinhos, sistemas costeiros e oceânicos, sistemas bentônicos e pelágicos (McConnaughey & McRoy 1979, Peterson & Fry 1987, Boutton 1991, Michener & Schell 1994, Hobson *et al.* 1995, Hobson 1999). A razão isotópica do carbono de cada sistema é devido aos diferentes processos de incorporação do carbono pelas plantas terrestres, algas e fitoplâncton. De maneira geral, valores médios de  $\delta^{13}\text{C}$  são -27‰ para plantas C3, -13‰ para plantas C4, -10‰ para gramas marinhas, -15‰ para macroalgas, e -22‰ para fitoplâncton marinho (Boutton 1991).

Antes da determinação do carbono isotópico, é importante levar em consideração o teor de lipídio no tecido amostrado, pois sua presença é variável e, quando elevado, apresenta valores empobrecidos do  $\delta^{13}\text{C}$ , em relação a todo o corpo do animal (Peterson & Fry 1987). Não existe um consenso ou protocolo quanto ao procedimento a ser realizado para lidar com esses valores mais empobrecidos em  $^{13}\text{C}$ . Parte dos estudos com mamíferos marinhos realizou a extração do lipídio, geralmente através de repetidas lavagens das amostras com uma mistura de clorofórmio e metanol (Hobson *et al.* 1997a, 2002, Born *et al.* 2003, Das *et al.* 2003, Riccialdelli *et al.* 2010) ou utilizando outras misturas de solvente (Lawson & Hobson 2000, Alves-Stanley & Worthy 2009, Todd *et al.* 2010). Os efeitos da extração do lipídio sobre os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  são maiores nos tecidos ricos (ex. fígado) do que nos tecidos pobres em lipídio (pelos) (Tieszen & Boutton 1989, Post *et al.* 2007). Por outro lado, alguns estudos aplicaram um fator de correção nos valores encontrados (Lesage *et al.* 2001), enquanto que outros trabalhos não realizaram nenhum tratamento (Lesage *et al.* 2002, Bisi *et al.* 2012). Estudos comparando os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  com e sem extração do lipídio encontraram uma forte relação entre a quantidade de lipídio e a proporção entre as concentrações de carbono e de nitrogênio em

animais aquáticos, sugerindo o uso dessa razão C:N para normalizar os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  (Post *et al.* 2007, Logan *et al.* 2008). Post *et al.* (2007) verificaram não ser necessária a extração quando o conteúdo lipídico for consideravelmente baixo (C:N < 3,5 para animais aquáticos), sugerindo que a decisão de se extrair ou normalizar o conteúdo de lipídios nas amostras deve ser feita quando o conteúdo lipídico for alto ou quando se compara espécies com conteúdo lipídico diferente. Para a normalização matemática dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  em animais aquáticos, sugere-se o uso da seguinte fórmula (Post *et al.* 2007):

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{normalizado}} = \delta^{13}\text{C}_{\text{sem extração}} - 3,32 + 0,99 * \text{C:N}$$

Em mamíferos marinhos, o uso do carbono isotópico tem sido uma ferramenta bastante útil para determinar a área de forrageamento e variações geográficas no uso de área (ex. Schell *et al.* 1989, Burton & Koch 1999, Clementz & Koch 2001, Kurle & Worthy 2001, Auriolles *et al.* 2006, Reich & Worthy 2006, Hückstädt *et al.* 2007, Bisi 2011, Botta *et al.* 2011), para verificar diferença entre sexo e classe etária no comportamento alimentar (Kurle & Worthy 2001, Niño-Torres *et al.* 2006, Kiszka *et al.* 2010) e, também, para diferenciar populações e/ou espécies costeiras das oceânicas (ex. Rau *et al.* 1992, Smith *et al.* 1996, Hobson *et al.* 2002, Marcoux *et al.* 2007, Barros *et al.* 2010, Ohizumi & Miyazaki 2010, Pinela *et al.* 2010, Riccialdelli *et al.* 2010, Bisi 2011, Botta *et al.* 2011). Em um estudo com golfinhos-de-Dall (*Phocoenoides dalli*) coletados em diferentes regiões do Oceano Pacífico, foram verificadas diferenças nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre as populações que utilizam águas próximas ao Japão e aquelas que utilizam a região oceânica do Pacífico Norte e do Mar de Bering (Ohizumi & Miyazaki 2010). Esses resultados apontam para uma fonte bentônica costeira para o primeiro grupo e uma fonte pelágica para os últimos dois grupos, possibilitando identificar se um indivíduo da espécie pertence à população costeira ou oceânica. Estudo semelhante foi realizado com o golfinho-nariz-de-garrafa na região centro-oeste da Flórida, sendo possível diferenciar três grupos populacionais que utilizam o interior da Baía de Sarasota, águas costeiras do Golfo do México e áreas oceânicas (Barros *et al.* 2010). Diferenças na fonte de alimentação também podem ser observadas entre

indivíduos de uma mesma população, como observado para o lobo-marinho-do-norte (*Callorhinus ursinus*) das Ilhas Pribilof, Alaska (Kurlle & Worthy 2001). Os resultados de tal estudo, relativos ao  $\delta^{13}\text{C}$ , sugerem que as fêmeas grávidas possuem uma alimentação costeira durante a migração, enquanto que os machos juvenis e as fêmeas que nunca engravidaram se alimentam em áreas oceânicas. Diferenças entre sexos nas razões isotópicas de carbono entre indivíduos adultos do golfinho-de-porto (*Phocoena phocoena*) foram observadas na região sul do Mar do Norte, sendo que os machos apresentaram valores mais empobrecidos em  $^{13}\text{C}$  em relação às fêmeas (Das *et al.* 2003). Os autores atribuíram esse resultado a um provável forrageamento em águas mais distantes da costa pelos machos, enquanto que as fêmeas se alimentariam perto da costa (Das *et al.* 2003).

#### RAZÃO ISOTÓPICA DO NITROGÊNIO – $\delta^{15}\text{N}$

Estudos têm demonstrado correlação entre a posição trófica que um organismo ocupa e os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (DeNiro & Epstein 1981, Zanden & Rasmussen 1996). Desta maneira, muitos trabalhos utilizaram os próprios valores de  $\delta^{15}\text{N}$  para inferir a posição trófica de mamíferos marinhos na região do Ártico (Hobson *et al.* 1997a, Dehn *et al.* 2006, Bentzen *et al.* 2007), no México (Caraveo-Patiño *et al.* 2007), no Estreito de Gibraltar (Stephanis *et al.* 2008), na costa noroeste da África (Pinela *et al.* 2010) e na costa sudeste do Brasil (Bisi *et al.* 2012). Por outro lado, a posição trófica (PT) dos mamíferos marinhos pode ser estimada através da fórmula (Cabana & Rasmussen 1996, Zanden & Rasmussen 1999):

$$PT_{\text{consumidor}} = (\delta^{15}\text{N}_{\text{consumidor}} + \delta^{15}\text{N}_{\text{base}}) / \text{FET} + 2$$

onde  $\delta^{15}\text{N}_{\text{consumidor}}$  é o valor médio do nitrogênio isotópico de um determinado consumidor,  $\delta^{15}\text{N}_{\text{base}}$  é o valor médio do nitrogênio isotópico de um consumidor primário usado como valor da assinatura da base (*isotopic baseline*) de determinada cadeia alimentar e FET é o fator de enriquecimento trófico (assume-se *a priori* que esse fator é constante entre os níveis tróficos). Post (2002) discute a importância da escolha de um consumidor primário adequado para o cálculo da posição trófica dos demais consumidores, que deve ter as seguintes características: 1- integrar as

mudanças isotópicas numa escala de tempo próxima ao do consumidor de interesse, 2 - estar disponível para coleta no mesmo período do consumidor de interesse, e 3 - captar a variabilidade espacial que contribui para a razão isotópica no consumidor de interesse. Em relação ao valor do fator de enriquecimento trófico, este varia entre os estudos existentes. Bode *et al.* (2007) e Riccialdelli *et al.* (2010) utilizaram o valor de 3,4‰ (baseados em Post 2002), Hobson & Welch (1992) e Hobson *et al.* (2002) assumiram o valor de 3,8‰, enquanto que Das *et al.* (2003) consideraram o valor de 2,4‰ de enriquecimento isotópico entre um nível trófico e outro (baseado em Hobson *et al.* 1996).

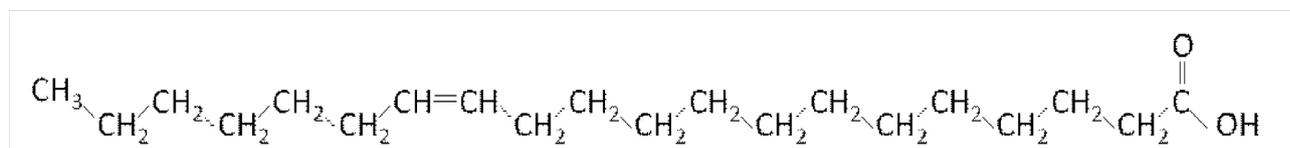
Os isótopos estáveis do nitrogênio têm sido utilizados em estudos das relações tróficas nas teias alimentares marinhas, focando na caracterização da dieta, e para acessar o nível trófico de mamíferos marinhos (ex. Hobson & Welch 1992, Hobson *et al.* 2002, Das *et al.* 2003, Dehn *et al.* 2006, Pinela *et al.* 2010, Bisi 2011, Bisi *et al.* 2012). Além disso, é possível verificar diferenças entre sexo e classe etária na posição trófica ocupada por esses animais (Das *et al.* 2003, Niño-Torres *et al.* 2006, Kiszka *et al.* 2010). Para caracterizar e entender as relações tróficas dos mamíferos marinhos é importante que seja realizada também a análise de isótopos estáveis nas potenciais presas, sendo assim possível verificar quais espécies têm importância na assimilação e incorporação pela dieta. A maior parte desses estudos foi realizada no hemisfério norte, focando os diferentes grupos taxonômicos de mamíferos marinhos (Hobson & Welch 1992, Hobson *et al.* 1997a, 2002, Das *et al.* 2003, Dehn *et al.* 2006, Mitani *et al.* 2006, Bentzen *et al.* 2007, Bode *et al.* 2007, Pinela *et al.* 2010). No hemisfério sul, foram realizados apenas três estudos voltados para as relações tróficas de cetáceos: na região da Terra do Fogo, Argentina (Riccialdelli *et al.* 2010), na região de Moorea, Polinésia Francesa (Kiszka *et al.* 2010), e na cadeia alimentar do boto-cinza (*Sotalia guianensis*), na região sudeste do Brasil (Bisi *et al.* 2012).

#### ÁCIDOS GRAXOS

Os ácidos graxos fazem parte de um grupo de moléculas que compõem a maioria dos lipídios achados nos organismos. Eles são formados por uma cadeia contendo entre 14 e 24 átomos de carbono

e de zero a seis ligações duplas, com um grupo metil (CH<sub>3</sub>) ligado a uma das suas extremidades e um grupo carboxílico (COOH) a outra. Os ácidos graxos são normalmente identificados seguindo a nomenclatura A:Bn-x, onde A é o número de átomos de carbono, B é o número de ligações duplas entre as moléculas de carbono e x indica a posição da primeira ligação dupla a partir da terminação do grupo metil (Figura 1). Dependendo da quantidade de ligações duplas, os ácidos graxos são classificados em saturados (ausência de ligação dupla na molécula), monoinsaturados (apenas uma ligação dupla) ou poliinsaturados (duas ou mais ligações duplas). Cerca de 70 ácidos graxos

podem ser encontrados em um organismo (Iverson 2009a), porém, apenas 41 dessas moléculas são reconhecidas transferidas da presa para o predador (Iverson *et al.* 2004) e, conseqüentemente, utilizadas nas análises e interpretação dos resultados em estudos com mamíferos marinhos. De maneira geral, os ácidos graxos encontrados em mamíferos marinhos são aqueles de cadeias mais longas, com mais de 14 átomos de carbono em sua composição, incluindo cadeias saturadas e insaturadas (Budge *et al.* 2006). Ácidos graxos de cadeias mais curtas podem ser encontrados nos tecidos de mamíferos marinhos, mas geralmente não estão relacionados com a dieta desses animais (Budge *et al.* 2006).



**Figura 1.** Exemplo de estrutura e nomenclatura de um ácido graxo (20:1n-7).  
**Figure 1.** Example of the structure and nomenclature of a fatty acid (20:1n-7).

Os ácidos graxos raramente são encontrados livres e geralmente são esterificados, existindo três tipos desses lipídios de interesse que são relevantes nos estudos de dieta (Budge *et al.* 2006). Os triacilgliceróis ou triglicerídios são a forma mais comum de armazenamento dos lipídios e são os principais constituintes lipídicos encontrados no tecido adiposo subcutâneo de mamíferos marinhos. Sua composição é dinâmica e a mais influenciável pela alimentação, uma vez que há a remobilização quando a dieta é pobre, e armazenamento quando a dieta é rica em triglicerídeos. Os *wax esters* são os ácidos graxos ligados a ácidos alcoólicos. Sua função ainda é incerta, mas possivelmente está relacionada ao depósito de energia em algumas espécies, como no caso dos mamíferos marinhos. Por fim, existe o grupo formado por fosfolipídios, que constituem os componentes estruturais de todas as membranas celulares e fornecem informações de mudança alimentar em predadores de níveis tróficos mais elevados, ao invés de serem indicadores da dieta propriamente dita (Budge *et al.* 2006).

O uso dos ácidos graxos em estudos de ecologia alimentar teve início em meados da década de 60 (Ackman & Eaton 1966), se intensificando apenas a partir dos anos 90. Desde então, a análise de ácidos graxos tem se mostrado bastante útil para

acessar de maneira qualitativa e quantitativa a dieta de mamíferos marinhos (ex. Smith *et al.* 1996, Dahl *et al.* 2000, Iverson *et al.* 2004, Loseto *et al.* 2009). O método se baseia no fato do perfil de ácidos graxos depositados no tecido adiposo do predador estar relacionado com o de sua presa, sendo incorporado com pequenas modificações, ou de maneira previsível, e refletindo uma dieta integrada ao longo do tempo (Iverson 1993, Iverson *et al.* 2004, Budge *et al.* 2006). Os ácidos graxos são liberados durante a digestão, mas não são degradados, como acontece com outros componentes (ex. proteínas). A composição de ácidos graxos armazenados no tecido do predador seria resultante: 1) dos ácidos graxos diretamente depositados no tecido adiposo, sem modificação; 2) dos ácidos graxos modificados em algum momento entre a absorção e a deposição; e 3) dos ácidos graxos produzidos por síntese endógena do próprio predador (Budge *et al.* 2006). Um número reduzido de ácidos graxos pode ser biossintetizado ou modificado nos animais (Iverson 2009b). Os ácidos graxos sintetizados pelos mamíferos marinhos estão normalmente restritos àqueles com 16 ou 18 átomos de carbono e, normalmente, contém no máximo uma ligação dupla (Iverson 2009b). A maioria dos ácidos graxos encontrados no tecido adiposo dos mamíferos marinhos são ácidos graxos poliinsaturados de cadeia

longa, o que significa que são provenientes das presas, uma vez que estes são produzidos exclusivamente em níveis tróficos inferiores (Iverson 2009b). Desta maneira, é possível distinguir os componentes relacionados à dieta daqueles não relacionados (Iverson *et al.* 2004).

As mensurações de ácidos graxos podem ser realizadas principalmente em três matrizes – sangue, leite e tecido adiposo subcutâneo – e cada uma fornece informações do padrão de forrageamento e da dieta dos mamíferos marinhos em diferentes escalas temporais. O sangue pode ser utilizado numa escala de tempo bastante curta, entre duas e seis horas após a ingestão do alimento, quando os lipídios podem ser isolados na forma de chilomicrons. Experimentos realizados com a foca-cinzenta, originalmente capturadas na região costeira da Nova Escócia (Canadá), verificaram que os ácidos graxos isolados do sangue possibilitam acessar a dieta mais recente (Cooper *et al.* 2005). Em relação ao uso do leite para análise da dieta, é necessário considerar a estratégia reprodutiva de cada espécie. A informação pode estar relacionada a uma dieta recente, no caso das fêmeas que continuam se alimentando durante a lactação, como em otarídeos e odontocetos, ou a composição de ácidos graxos pode refletir um período mais longo, a partir de uma alimentação prévia, nas fêmeas que realizam jejum durante a amamentação. Nesse último caso, ocorre a mobilização dos lipídios de reserva energética, depositados no tecido adiposo, como ocorre em focídeos e mysticetos (Iverson *et al.* 1995, 1997a). Apesar de estudos terem utilizado o leite para acessar a dieta de mamíferos marinhos (Iverson 1993, Iverson *et al.* 1995, 1997a, Grahl-Nielsen *et al.* 2000, Birkeland *et al.* 2005), o seu uso pode ser problemático e não representativo da mobilização e transferência dos ácidos graxos, principalmente quando a análise é feita apenas em um momento da lactação (Wheatley *et al.* 2008). A análise do leite de fêmeas lactantes da foca-de-Weddell (*Leptonychotes weddellii*) na região de Hutton Cliffs (Antártica), revelou uma mobilização diferenciada dos ácidos graxos relacionada ao conteúdo lipídico total nos indivíduos, assim como uma mudança na composição dos ácidos graxos durante a lactação, o que pode estar relacionado ao aumento da demanda energética em diferentes estágios de desenvolvimento dos filhotes (Wheatley *et al.* 2008).

A matriz mais utilizada em estudos de ecologia alimentar de mamíferos marinhos é o tecido adiposo subcutâneo (*blubber*), sendo que a sua composição de ácidos graxos reflete uma dieta integrada num período de semanas a meses, dependendo da taxa metabólica e do grau de deposição lipídica (Kirsch *et al.* 2000). Entretanto, deve-se ter atenção no uso desse tecido devido à estratificação da composição de ácidos graxos em diferentes profundidades da gordura de mamíferos marinhos (Fredheim *et al.* 1995, Käkälä & Hyvärinen 1996, Koopman *et al.* 1996, Best *et al.* 2003, Olsen & Grahl-Nielsen 2003, Krahn *et al.* 2004, Samuel & Worthy 2004, Strandberg *et al.* 2008, Skoglund *et al.* 2010). Em um estudo realizado com o golfinho-do-porto da costa leste do Canadá, Koopman *et al.* (1996) analisaram alíquotas do tecido adiposo mais interno (*inner*) e mais externo (*outer*), e verificaram diferenças na composição de ácidos graxos entre elas. A camada mais externa apresentou, de maneira significativa, uma maior quantidade de ácidos graxos de cadeias curtas, com menos de 18 átomos de carbono, enquanto que, a camada mais interna, apresentou ácidos graxos de cadeias mais longas insaturadas (Koopman *et al.* 1996). Em outro estudo, foram detectadas três camadas no tecido adiposo subcutâneo, usando a foca-anelada como modelo: mais externa (*outer*), do meio (*middle*) e mais interna (*inner*). A camada mais externa (cerca de 1,5cm de espessura) possui relativamente mais ácidos graxos monoinsaturados de cadeia curta e menos ácidos graxos saturados, apresentando função estrutural e de termorregulação. A camada mais interna (cerca de 1,0cm de espessura) apresenta um maior número de ácidos graxos monoinsaturados de cadeia longa, assim como maior quantidade de ácidos graxos saturados, e seria aquela metabolicamente ativa, onde a composição de ácidos graxos está relacionada com a mobilização ou deposição mais recente ou em processo. Já a camada do meio possui espessura variável, podendo inclusive ser ausente nos indivíduos que apresentam camada de gordura muito reduzida (<2,5cm), e atua como um local de estocagem de lipídios, diminuindo ou aumentando, conforme a disponibilidade ou consumo de alimento (Strandberg *et al.* 2008). Devido às características acima descritas, é esperado que a camada mais interna seja a mais relacionada com a dieta do indivíduo. Desta maneira, é importante que a análise do tecido

adiposo seja realizada em sub-amostras (camadas), possibilitando um resultado mais acurado e preciso de acordo com o objetivo de cada estudo. Especial atenção deve ser dada quando a amostra provém de biópsia remota, no qual se adquire apenas uma alíquota da camada de gordura mais externa (Ylitalo *et al.* 2001). De qualquer maneira, o uso de biópsias tem sido realizado com sucesso em estudos qualitativos da ecologia alimentar de mamíferos marinhos (Hooker *et al.* 2001, Krahn *et al.* 2008, Walton *et al.* 2008).

#### COLETA E ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS

Conforme discutido anteriormente, a matriz mais utilizada para determinação das assinaturas de ácidos graxos é o tecido adiposo subcutâneo (*blubber*). A coleta de alíquotas desse tecido é realizada a partir de diferentes procedimentos. Muitos pesquisadores capturam os animais para retirada de uma alíquota, principalmente no caso de pinípedes e do urso-polar (Best *et al.* 2003, Walton & Pomeroy 2003, Wheatley *et al.* 2008), ou utilizam biópsia remota, principalmente em cetáceos (Herman *et al.* 2008, 2009). A coleta é realizada, também, através de animais caçados para fins científicos (Stradberg *et al.* 2008), ou para subsistência por populações aborígenes (Budge *et al.* 2008, Loseto *et al.* 2008a, Thiemann *et al.* 2008). Além disso, a coleta pode ser feita a partir de carcaças de animais capturados acidentalmente em redes de pesca (Smith & Worthy 2006, Meynier *et al.* 2008) ou encalhados em praias (Koopman *et al.* 1996).

O correto armazenamento das amostras é fundamental para a manutenção da integridade dos ácidos graxos no tecido que será analisado, evitando a oxidação destes em contato com o ar, o que resulta na perda, principalmente, das moléculas insaturadas (Tollit *et al.* 2010). Para estocagem das amostras durante um longo período, o ideal é o congelamento à -80°C. De maneira alternativa e, visando um armazenamento ao longo de anos, as amostras podem ser emersas em uma solução de clorofórmio (CHCl<sub>3</sub>), contendo 0,01% de hidroxitolueno butilado (BHT), como anti-oxidante. Em seguida, essas amostras devem ser mantidas a -20°C, permitindo a sua estocagem por anos, ou a -4°C, para que possam ser guardadas por semanas a meses (Tollit *et al.* 2010). Quando o uso de clorofórmio não é possível, as amostras podem ser congeladas à -20°C por algumas

semanas ou meses, dependendo da matriz utilizada (Budge *et al.* 2006). No momento da análise da composição de ácidos graxos, é importante que seja retirada uma alíquota do centro de cada amostra, utilizando, desta maneira, uma área protegida da oxidação durante a sua estocagem (Budge *et al.* 2006).

#### ANÁLISE QUALITATIVA

As assinaturas dos ácidos graxos em mamíferos marinhos (Iverson *et al.* 2004) podem ser interpretadas de forma qualitativa para acessar informações de áreas de forrageamento, diferenças entre sexo e classe etária e variações espaciais e temporais na dieta, intra e interespecíficas (Iverson *et al.* 1997b, Walton & Pomeroy 2003, Meynier *et al.* 2008, Baylis & Nichols 2009).

Em um estudo de padrões espaciais de forrageamento da foca-do-porto (*P. vitulina richardsi*) na região do Golfo do Alasca, a composição de ácidos graxos da gordura da espécie foi bastante distinta entre os indivíduos procedentes da região de Kodiak, sudeste do Alasca, e os de Prince William Sound, distantes entre 400-800km. Além disso, foi possível distinguir as assinaturas dos ácidos graxos das focas-do-porto no interior da região de Prince William Sound, em uma escala geográfica entre 9-15km, sugerindo que a espécie apresenta locais específicos para forrageio (Iverson *et al.* 1997b). Estudos semelhantes foram realizados com outras espécies de mamíferos marinhos (Walton *et al.* 2000, Baylis & Nichols 2009, Thiemann *et al.* 2007). Walton *et al.* (2000) observaram perfis de ácidos graxos distintos entre duas colônias reprodutivas da foca-cinzenta na Escócia. Em um estudo com fêmeas lactantes de lobo-marinho-da-Nova-Zelândia (*Arctocephalus forsteri*) provenientes de quatro colônias do sul da Austrália, verificou-se que essas fêmeas utilizam dois habitats distintos para alimentação: plataforma continental e área oceânica (Baylis & Nichols 2009). Thiemann *et al.* (2007) realizou uma detalhada investigação com a foca-anelada, na qual foram coletadas amostras de indivíduos de nove locais do Ártico Canadense. Os autores encontraram diferenças regionais nas assinaturas dos ácidos graxos das focas-aneladas analisadas, sendo que essas diferenças foram relacionadas à distância entre grupos, com a maior similaridade entre espécimes

provenientes de três áreas dentro do Mar Beaufort e Golfo de Amundsen (Thiemann *et al.* 2007). Com o objetivo de acessar o padrão de forrageamento e as relações ecológicas entre oito espécies de mamíferos marinhos no Ártico Canadense, Thiemann *et al.* (2008) verificaram que as composições de ácidos graxos distinguiriam de maneira acurada focas, morsas e odontocetos. Entre as focas, as espécies *P. groenlandicus* e *Cystophora cristata* foram as que apresentaram os perfis mais parecidos. As belugas (*Delphinapterus leucas*) e os narvais (*Monodon monocerus*) exibiram composições de ácidos graxos semelhantes, sugerindo uma sobreposição na dieta das duas espécies de odontocetos monodontídeos. Por fim, o perfil das focas-de-barba (*Erignathus barbatus*) foi mais próximo das morsas (*Odobenus rosmarus rosmarus*), o que é consistente com o conhecido hábito alimentar de presas bentônicas para ambas as espécies (Thiemann *et al.* 2008).

Diferenças nas assinaturas de ácidos graxos entre classes etárias e entre machos e fêmeas de mamíferos marinhos também têm sido observadas. Indivíduos de diferentes classes etárias tiveram perfis distintos no golfinho-do-porto do Maine, EUA (Koopman *et al.* 1996), na foca-anelada do Ártico Canadense (Thiemann *et al.* 2007), no leão-marinho-de-Steller (*Eumetopias jubatus*) do Alasca (Beck *et al.* 2007b) e na baleia-da-Groenlândia (*Balaena mysticetus*) na região oeste do Ártico (Budge *et al.* 2008). Com relação ao sexo, a composição dos ácidos graxos foi diferente entre machos e fêmeas no leão-marinho-da-Nova-Zelândia (*Phocarctos hookeri*), enquanto que, entre fêmeas lactantes e não-lactantes, o perfil foi similar (Meynier *et al.* 2008). Os autores atribuíram esses resultados a uma alimentação em águas mais profundas pelos machos. Já no estudo realizado com o leão-marinho-de-Steller, não foram encontradas diferenças entre sexos nos indivíduos do sul do Alasca (Beck *et al.* 2007b). Em amostras de gordura coletadas a partir de biópsias de cachalotes (*Physeter macrocephalus*) no entorno do Arquipélago dos Açores, também não foram encontradas diferenças entre machos e fêmeas (Walton *et al.* 2008). Resultado semelhante foi verificado para a baleia-da-Groenlândia na região do Ártico (Budge *et al.* 2008).

A análise qualitativa das potenciais presas da dieta também tem sido o enfoque em diversos estudos com mamíferos marinhos. Entretanto, nesses casos,

também é necessário o conhecimento da composição de ácidos graxos das presas. A dieta da beluga foi inferida pela técnica em questão na região do Ártico, próximo ao Mar de Barents (Dahl *et al.* 2000), e no Mar de Beaufort (Loseto *et al.* 2009). No primeiro estudo, 16 ácidos graxos, dos 22 encontrados em quantidade significativas no tecido subcutâneo das belugas, também ocorreram em quantidade considerável (>0,5% do total de ácidos graxos) nas potenciais presas. Os resultados mostraram que o bacalhau-do-Ártico (*Boreogadus saida*) possui o perfil de ácidos graxos mais similar ao das belugas, seguido pelo capelím (*Mallotus villosus*), sugerindo que essas espécies faziam parte da dieta da beluga na região (Dahl *et al.* 2000). No segundo estudo, entre as espécies de potenciais presas analisadas, o bacalhau-do-Ártico (costeiro e oceânico) parece ser a presa dominante na dieta das belugas do Mar de Beaufort, apesar da grande disponibilidade de outras espécies. Além disso, foi possível verificar que os juvenis tinham um perfil de ácidos graxos relacionados ao bacalhau costeiro, enquanto que os adultos aos oceânicos, mostrando uma segregação trófica intra-específica (Loseto *et al.* 2009).

#### ANÁLISE QUANTITATIVA

Além da análise das assinaturas dos ácidos graxos poder ser utilizada para identificar as presas consumidas pelo predador, também permite estimar a contribuição de cada uma na dieta. Para isso, é necessário primeiramente um detalhado conhecimento da composição dos ácidos graxos nas presas e suas variações (Iverson *et al.* 2004). O perfil de ácidos graxos na gordura dos mamíferos marinhos reflete o da sua dieta, porém, algumas modificações ocorrem devido ao metabolismo do predador e durante a assimilação dos ácidos graxos (Iverson *et al.* 2004). Com o intuito de relacionar a composição de ácidos graxos do predador com a composição das possíveis presas, Iverson *et al.* (2004) criaram um modelo que possibilita estimar de maneira quantitativa a dieta de predadores. Para isso, os autores utilizaram informações da alimentação controlada de focas-do-porto de cativeiro e de vida livre. O modelo é conhecido pela abreviação QFASA (*Quantitative Fatty Acid Signature Analysis* – análise quantitativa da assinatura de ácidos graxos) e se

baseia na aplicação de fatores de peso (coeficientes de calibração) nos ácidos graxos do predador individual, de acordo com o efeito do seu metabolismo na deposição dos ácidos graxos. Além disso, leva-se em consideração a média da assinatura dos ácidos graxos de cada presa, onde é feita a estimativa da mistura das assinaturas das presas e o peso proporcional da mistura de cada presa (relativo à contribuição dos ácidos graxos) para, então, estimar a proporção na dieta do predador (Iverson *et al.* 2004).

É importante ressaltar que o modelo QFASA apresenta uma série de limitações e cuidados a serem tomados, desde a coleta, estocagem e análise dos ácidos graxos no tecido do predador e das potenciais presas, a avaliação da variabilidade intra e interespecíficas das presas, o conhecimento do metabolismo e a deposição dos lipídios no predador, até a escolha dos ácidos graxos a serem utilizados no modelo (Budge *et al.* 2006, Iverson 2009a). Provavelmente devido a esses fatores, os estudos quantitativos da dieta de mamíferos marinhos através da análise de ácidos graxos ainda são recentes, bastante reduzidos e restritos a poucas espécies. De qualquer forma, o modelo tem sido aplicado com sucesso em diversos trabalhos, principalmente com pinípedes (Iverson *et al.* 2004, Cooper *et al.* 2005, Bowen *et al.* 2006, Beck *et al.* 2007a, Thiemann *et al.* 2007, Nordstrom *et al.* 2008), apesar da técnica já ter sido utilizada também em estudos quantitativos da dieta do urso-polar (Thiemann *et al.* 2008) e da baleia-da-Groelândia (Budge *et al.* 2008).

## MICROPOLUENTES

A dieta é a principal fonte de incorporação de micropoluentes (ex. metais pesados, compostos organoclorados, difenil éteres polibromados e compostos perfluoroalquilados) pelos mamíferos marinhos (Wagemann *et al.* 1998, Gray 2002, Borga *et al.* 2004). A composição da dieta, o nível trófico das presas consumidas e o uso da área para forrageamento são alguns dos fatores que influenciam na incorporação e acumulação desses elementos e compostos nos mamíferos marinhos. Dessa maneira, a determinação das concentrações e perfis de contaminação por micropoluentes nos tecidos dos mamíferos marinhos pode trazer informações adicionais a respeito da ecologia alimentar desses

animais. Uma série de estudos tem mostrado o potencial do uso dos micropoluentes para discriminar preferências alimentares e informações da área de forrageamento em mamíferos marinhos (ex. Noda *et al.* 1995, Das *et al.* 2000, Kunito *et al.* 2002, Bustamante *et al.* 2004, Herman *et al.* 2005, Lahaye *et al.* 2005, Krahn *et al.* 2007, Dorneles *et al.* 2007, Loseto *et al.* 2008b). O tecido utilizado para determinação de poluentes varia de acordo com o objetivo do estudo e, principalmente, com o micropolvente que será quantificado. As amostras podem ser provenientes de carcaças de espécimes encalhados nas praias ou capturados acidentalmente em redes de pesca. A coleta pode ser feita, ainda, a partir de biópsia remota ou retirada de animais vivos capturados e liberados novamente no ambiente natural. As alíquotas costumam ser armazenadas diretamente em saco de polietileno ou envoltas em papel alumínio, dependendo do micropolvente que será quantificado. Em seguida, essas alíquotas são mantidas a -20°C até as análises.

O cádmio é um dos principais elementos utilizados para investigar, de maneira complementar, a ecologia alimentar dos mamíferos marinhos, sendo incorporado principalmente pela alimentação de cefalópodes (Noda *et al.* 1995, Das *et al.* 2000, Kunito *et al.* 2002, Bustamante *et al.* 2004, Lahaye *et al.* 2005, Dorneles *et al.* 2007). A concentração desse metal pesado no tecido renal de mamíferos marinhos reflete a assinatura do consumo de cefalópodes em longo prazo (Lahaye *et al.* 2005, Fontaine *et al.* 2007). Noda *et al.* (1995) encontraram concentrações mais elevadas de cádmio no lobo-marinho-do-norte da região do Japão e do Alaska, em comparação com outras espécies de otarídeos, e os autores associaram esse resultado a um consumo predominante de cefalópodes. Altas concentrações de cádmio também foram relacionadas à ingestão de significativa proporção de cefalópodes pela baleia-piloto-de-peitoral-longa (*Globicephala melas*) (Bustamante *et al.* 1998) e pela foca-cinzenta na região das Ilhas Faroé (Bustamante *et al.* 2004).

Ainda, diferenças na capacidade de bioacumular cádmio por diferentes famílias de cefalópodes tem resultado em diferenças significativas nas concentrações desse metal entre espécies de cefalópodes neríticas e oceânicas, na qual essas últimas apresentam elevadas concentrações de cádmio e são considerados os principais vetores da transferência

desse elemento para os organismos topo de cadeia (Bustamente *et al.* 1998, Lahaye *et al.* 2005, Dorneles *et al.* 2007, Fontaine *et al.* 2007). Dessa maneira, é possível determinar habitats preferenciais de forrageamento entre populações ecológicas e espécies de mamíferos marinhos. Através da determinação das concentrações de cádmio, foi possível verificar segregação alimentar em golfinhos-comuns (*Delphinus delphis*) da região da Baía de Biscaia, que se alimentam em áreas oceânicas, daqueles que usam regiões neríticas (Lahaye *et al.* 2005). Dorneles *et al.* (2007) encontraram diferenças nas concentrações de cádmio em espécies de delphinídeos de hábitos costeiros e estuarinos, em relação às oceânicas. Estas últimas apresentaram concentrações mais elevadas de cádmio como resultado do provável consumo de cefalópodes oceânicos da família Ommastrephidae (Dorneles *et al.* 2007).

Outros micropoluentes, além do cádmio, também têm sido utilizados como ferramenta auxiliar nos estudos de ecologia alimentar. O mercúrio tem demonstrado relação com o nível trófico que um organismo ocupa em uma teia alimentar, verificado através da relação das concentrações desse elemento e os valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (ex. Atwell *et al.* 1998, Loseto *et al.* 2008b, Bisi *et al.* 2012). Essa relação é devida à dieta ser a principal via de incorporação desse elemento, e pelo fato do mercúrio biomagnificar ao longo das teias tróficas, apresentando altos níveis em predadores topo de cadeia (Renzoni *et al.* 1998). Dessa maneira, as concentrações no tecido do predador estão relacionadas ao tecido de suas presas. A comparação entre as concentrações de mercúrio em presas que ocupam diferentes habitats e em belugas da região do Mar de Beaufort, demonstrou segregação alimentar em grupos sociais da beluga (Loseto *et al.* 2008b). Em relação aos poluentes orgânicos persistentes (POPs), foi possível distinguir três ecótipos de orca na costa leste do Pacífico Norte, de acordo com os perfis de PCBs no tecido adiposo dos espécimes (Herman *et al.* 2005). Os autores discutem que esses perfis distintos estão associados ao padrão de PCBs no tecido de suas presas, que diferem em relação aos indivíduos residentes, transeuntes e oceânicos (Herman *et al.* 2005). Krahn *et al.* (2007) também utilizaram as concentrações e perfis de POPs (compostos organoclorados e difenil éteres polibromados) para acessar novas informações

sobre a dieta das orcas do Pacífico Norte. Através de uma análise discriminante, Lailson-Brito *et al.* (2010) verificaram diferenças no padrão de acumulação de compostos organoclorados (PCBs, DDTs e HCB) em populações de boto-cinza de três baías costeiras da região sul e sudeste do Brasil. Os autores apontaram que essa característica permite o uso desses poluentes como uma ferramenta auxiliar no estabelecimento de diferenças geográficas entre populações da espécie ao longo da costa brasileira (Lailson-Brito *et al.* 2010).

## CONCLUSÃO

Esta revisão apresenta os métodos existentes para o estudo da dieta e ecologia alimentar dos mamíferos marinhos. Cada uma das ferramentas apresenta vantagens e limitações nas suas aplicações. A análise do conteúdo do trato gastrointestinal mostra-se importante na identificação das presas e de sua biomassa, servindo como base para a aplicação dos demais métodos. As análises de isótopos estáveis e de ácidos graxos não evidenciam de maneira direta as espécies de presas nem a biomassa, mas são importantes para o estudo da dieta de fato incorporada nos tecidos dos animais ao longo do tempo. O fato é que nenhum dos três métodos é totalmente eficaz ou responde a todas as perguntas em relação ao estudo da ecologia alimentar e relações tróficas dos mamíferos marinhos, mas sim são ferramentas complementares que devem ser usadas simultaneamente sempre que possível. Além disso, a determinação das concentrações e dos perfis de contaminação por micropoluentes podem trazer informações adicionais sobre a dieta e os hábitos alimentares de mamíferos marinhos. Por último, é importante ressaltar a necessidade de obtenção de dados biológicos dos espécimes estudados, tais como sexo, idade, maturidade sexual, estratégia reprodutiva, comprimento total, entre outros. Essas informações são fundamentais para um refinamento da análise e melhor interpretação da ecologia alimentar de mamíferos marinhos.

**AGRADECIMENTOS:** T. L. Bisi foi bolsista da CAPES, J. Lailson-Brito é bolsista do Programa Prociência UERJ/FAPERJ e bolsista de produtividade do CNPq (Proc. 305303/2010-4) e O. Malm é bolsista de produtividade do CNPq.

## REFERÊNCIAS

- ACKMAN, R.G. & EATON, C.A. 1966. Lipids of the fin whale (*Balaenoptera physalus*) from north Atlantic waters. III. Occurrence of eicosenoic and docosenoic fatty acids in the zooplankton *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars) and their effect on whale oil composition. *Canadian Journal of Biochemistry*, 44: 1561-1566, <http://dx.doi.org/10.1139/o66-176>
- ALVES-STANLEY, C.D. & WORTHY, G.A.J. 2009. Carbon and nitrogen stable isotope turnover rates and diet-tissue discrimination in Florida manatees (*Trichechus manatus latirostris*). *The Journal of Experimental Biology*, 212: 2349-2355, <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.027565>
- AMES, A.L.; VAN VLEET, E.S. & SACKETT, W.M. 1996. The use of stable carbon isotope analysis for determining the dietary habits of the Florida manatee, *Trichechus manatus latirostris*. *Marine Mammal Science*, 12: 555-563, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.1996.tb00067.x>
- ANDRE, J.; GYURIS, E. & LAWLER, I.R. 2005. Comparison of the diets of sympatric dugongs and green turtles on the Orman Reefs, Torres Strait, Australia. *Wildlife Research*, 32: 53-62, <http://dx.doi.org/10.1071/WR04015>
- ARRINGTON, D.A. & WINEMILLER, K.O. 2002. Preservation Effects on Stable Isotope Analysis of Fish Muscle. *Transactions of the American Fisheries Society*, 131: 337-342, [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659\(2002\)131<0337:PEOSIA>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(2002)131<0337:PEOSIA>2.0.CO;2)
- ATWELL, L.; HOBSON, K.A. & WELCH, H.E. 1998. Biomagnification and bioaccumulation of mercury in an arctic marine food web: insights from stable nitrogen isotope analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55: 1114-1121, <http://dx.doi.org/10.1139/f98-001>
- AURIOLES, D.; KOCH, P.L. & LE BOEUF, B.J. 2006. Differences in foraging location of Mexican and California elephant seals: evidence from stable isotopes in pups. *Marine Mammal Science*, 22: 326-338, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2006.00023.x>
- BARROS, N.B. 1993. Feeding Ecology and Foraging Strategies of Bottlenose Dolphins on the Central East Coast of Florida. *Tese de Doutorado*. University of Miami. Miami, FL, USA. 328p.
- BARROS, N.B. & CLARKE, M.R. 2002. Diet. Pp. 323-327. In: W. F. Perrin, B. Würsig & J. G. M. Thewissen (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, CA. 1414p.
- BARROS, N.B.; OSTROM, P.H.; STRICKER, C.A. & WELLS, R.S. 2010. Stable isotopes differentiate bottlenose dolphins off west-central Florida. *Marine Mammal Science*, 26: 324-336, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2009.00315.x>
- BASTOS, G.C. 1990. Morfologia de otólitos de algumas espécies de Perciformes (Teleostei) da costa Sudeste-Sul do Brasil. *Dissertação de Mestrado*. Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil. 180p.
- BAYLIS, A.M.M. & NICHOLS, P.D. 2009. Milk fatty acids predict the foraging locations of the New Zealand fur seal: continental shelf versus oceanic waters. *Marine Ecology Progress Series*, 380: 271-286, <http://dx.doi.org/10.3354/meps07919>
- BECK, C.A.; IVERSON, S.J.; BOWEN, W.D. & BLANCHARD, W. 2007a. Sex differences in grey seal diet reflect seasonal variation in foraging behaviour and reproductive expenditure: evidence from quantitative fatty acid signature analysis. *Journal of Animal Ecology*, 76: 490-502, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2007.01215.x>
- BECK, C.A.; REA, L.D.; IVERSON, S.J.; KENNISH, J.M.; PITCHER, K.W. & FADELY, B.S. 2007b. Blubber fatty acid profiles reveal regional, seasonal, age-class and sex differences in the diet of young Steller sea lions in Alaska. *Marine Ecology Progress Series*, 338: 269-280, <http://dx.doi.org/10.3354/meps338269>
- BENTZEN, T.W.; FOLLMANN, E.H.; AMSTRUP, S.C.; YORK, G.S.; WOOLLER, M.J. & O'HARA, T.M. 2007. Variation in winter diet of southern Beaufort Sea polar bears inferred from stable isotope analysis. *Canadian Journal of Zoology*, 85: 596-608, <http://dx.doi.org/10.1139/Z07-036>
- BEST, N.J.; BRADSHAW, C.J.A.; HINDELL, M.A. & NICHOLS, P.D. 2003. Vertical stratification of fatty acids in the blubber of southern elephant seals (*Mirounga leonina*): implications for diet analysis. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 134: 253-263, [http://dx.doi.org/10.1016/S1096-4959\(02\)00252-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1096-4959(02)00252-X)
- BIRKELAND, A.; KOVACS, K.M.; LYDERSEN, C. & GRAHL-NIELSEN, O. 2005. Transfer of fatty acids from mothers to their calves during lactation in white whales *Delphinapterus leucas*. *Marine Ecology Progress Series*, 298: 287-294, <http://dx.doi.org/10.3354/meps298287>
- BISI, T.L. 2011. Relações tróficas e biomagnificação do mercúrio nas cadeias alimentares marinhas da costa do estado do Rio de Janeiro. *Tese de Doutorado*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 115p.
- BISI, T.L.; LEPOINT, G.; AZEVEDO, A.F.; DORNELES, P.R.; FLACH, L.; DAS, K.; MALM, O. & LAILSON-BRITO, J. 2012. *Oecol. Aust.*, 16(2): 210-234, 2012

- Trophic relationships and mercury biomagnification in Brazilian tropical coastal food webs. *Ecological Indicators*, 18: 291-302, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.015>
- BODE, A.; ALVAREZ-OSSORIO, M.T.; CUNHA, M.E.; GARRIDO, S.; PELETEIRO, B.; PORTEIRO, C.; VALDÉS, L. & VARELA, M. 2007. Stable nitrogen isotope studies of the pelagic food web on the Atlantic shelf of the Iberian Peninsula. *Progress In Oceanography*, 74: 115-131, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocan.2007.04.005>
- BORGA, K.; FISK, A.T.; HOEKSTRA, P.F. & MUIR, D.C.G. 2004. Biological and chemical factors of importance in the bioaccumulation and trophic transfer of persistent organochlorine contaminants in Arctic marine food webs. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23: 2367-2385, <http://dx.doi.org/10.1897/03-518>
- BORN, E.W.; OUTRIDGE, P.; RIGET, F.F.; HOBSON, K.A.; DIETZ, R.; ØIEN, N. & HAUG, T. 2003. Population substructure of North Atlantic minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) inferred from regional variation of elemental and stable isotopic signatures in tissues. *Journal of Marine Systems*, 43: 1-17, [http://dx.doi.org/10.1016/S0924-7963\(03\)00085-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0924-7963(03)00085-X)
- BOTTA, S.; HOHN, A.A.; MACKO, S.A. & SECCHI, E.R. 2011. Isotopic variation in delphinids from the subtropical western South Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, FisrtView Article: 1-10, <http://dx.doi.org/10.1017/S0025315411000610>
- BOUTTON, T.W. 1991. Stable carbon isotope ratios of natural materials: II. Atmospheric, terrestrial, marine, and freshwater environments. Pp. 173-185. In: D. C. Coleman & B. Fry (eds.). Carbon isotope techniques. Academic Press, New York. 247p.
- BOWEN, W.D.; READ, A. & ESTES, J.A. 2002. Feeding ecology. Pp. 217-246. In: R. Hoelzel (ed.). Marine Mammals: An evolutionary approach. Blackwell, Oxford. 448p.
- BOWEN, W.D.; BECK, C.A.; IVERSON, S.J.; AUSTIN, D. & MCMILLAN, J.I. 2006. Linking predator foraging behaviour and diet with variability in continental shelf ecosystems: grey seals of eastern Canada. Pp. 63-82. In: I. L. Boyd, S. Wanless & C. J. Camphuysen (eds.). Top Predators in Marine Ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge. 392p, <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511541964.006>
- BROWN, R.F. & MATE, B.R. 1983. Abundance, movements, and feeding habits of harbor seals, *Phoca vitulina*, at Netarts and Tillamook Bays, Oregon. *Fishery Bulletin*, 81: 291-301.
- BUDGE, S.M.; IVERSON, S.J. & KOOPMAN, H.N. 2006. Studying trophic ecology in marine ecosystems using fatty acids: a primer on analysis and interpretation. *Marine Mammal Science*, 22: 759-801, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2006.00079.x>
- BUDGE, S.M.; SPRINGER, A.M.; IVERSON, S.J.; SHEFFIELD, G. & ROSA, C. 2008. Blubber fatty acid composition of bowhead whales, *Balaena mysticetus*: Implications for diet assessment and ecosystem monitoring. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 359: 40-46, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2008.02.014>
- BURTON, R.K. & KOCH, P.L. 1999. Isotopic tracking of foraging and long-distance migration in northeastern Pacific pinnipeds. *Oecologia*, 119: 578-585, <http://dx.doi.org/10.1007/s004420050822>
- BUSTAMANTE, P.; CAURANT, F.; FOWLER, S.W. & MIRAMAND, P. 1998. Cephalopods as a vector for the transfer of cadmium to top marine predators in the northeast Atlantic Ocean. *The Science of the Total Environment*, 220: 71-80, [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00250-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00250-2)
- BUSTAMANTE, P.; MORALES, C.F.; MIKKELSEN, B.; DAM, M. & CAURANT, F. 2004. Trace element bioaccumulation in grey seals *Halichoerus grypus* from the Faroe Islands. *Marine Ecology Progress Series*, 267: 291-301, <http://dx.doi.org/10.3354/meps267291>
- CABANA, G. & RASMUSSEN, J.B. 1996. Comparison of aquatic food chains using nitrogen isotopes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 93: 10844-10847, <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.93.20.10844>
- CAMPAGNA, C.; PIOLA, A.R.; MARIN, M.R.; LEWIS, M.; ZAJACZKOVSKI, U. & FERNANDEZ, T. 2007. Deep divers in shallow seas: Southern elephant seals on the Patagonian shelf. *Deep-Sea Research I*, 54: 1792-1814, <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr.2007.06.006>
- CARAVEO-PATIÑO, J.; HOBSON, K.A. & SOTO, L.A. 2007. Feeding ecology of gray whales inferred from stable-carbon and nitrogen isotopic analysis of baleen plates. *Hydrobiologia*, 586: 17-25, <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-006-0477-5>
- CASAUX, R.; BARONI, A. & CARLINI, A.R. 1998. The diet of the Antarctic fur seal, *Arctocephalus gazella*, at Harmony Point, Nelson Island, South Shetland Islands. *Polar Biology*, 20: 424-428, <http://dx.doi.org/10.1007/s003000050324>
- CAUT, S.; LARAN, S.; GARCIA-HARTMANN, E. & DAS, K. 2011. Stable isotopes of captive cetaceans (killer whales and

- bottlenose dolphins). *The Journal of Experimental Biology*, 214: 538-545, <http://dx.doi.org/10.1242/jeb.045104>
- CLAPHAM, P.; LEATHERWOOD, S.; SZCZEPANIAK, I. & BROWNELL, R.L. 1997. Catches of humpback and other whales from shore stations at Moss Landing and Trinidad, California, 1919-1926. *Marine Mammal Science*, 13: 368-394, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.1997.tb00646.x>
- CLARKE, M.R. 1986. *Handbook for the identification of cephalopod beaks*. Oxford University Press, Oxford. 273p.
- CLARKE, M.R. 1996. Cephalopods as Prey. III. Cetaceans. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 351: 1053-1065, <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1996.0093>
- CLEMENTZ, M. & KOCH, P.L. 2001. Monitoring habitat and foraging ecology in aquatic mammal with stable isotopes in the tooth enamel. *Oecologia*, 129: 461-472, <http://dx.doi.org/10.1007/s004420100745>
- COOPER, M.H.; IVERSON, S.J. & HERAS, H. 2005. Dynamics of blood chylomicron fatty acids in a marine carnivore: Implications for lipid metabolism and quantitative estimation of predator diets. *Journal of Comparative Physiology B*, 175: 133-145, <http://dx.doi.org/10.1007/s00360-004-0469-6>
- CORRÊA, M.F.M. & VIANNA, M.S. 1993. Catálogo de otólitos de Sciaenidae (Osteichthyes-Perciformes) do litoral do Estado do Paraná, Brasil. *Nerítica*, 7: 13-41.
- DAHL, T.M.; LYDERSEN, C.; KOVACS, K.M.; FALK-PETERSEN, S.; SARGENT, J.; GJERTZ, I. & GULLIKSEN, B. 2000. Fatty acid composition of the blubber in white whales (*Delphinapterus leucas*). *Polar Biology*, 23: 401-409, <http://dx.doi.org/10.1007/s003000050461>
- DAS, K.; LEPOINT, G.; LOIZEAU, V.; DEBACKER, V.; DAUBY, P. & BOUQUEGNEAU, J.M. 2000. Tuna and dolphin associations in the North-East Atlantic: evidence of different ecological niches from stable isotope and heavy metal measurements. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 102-109, [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00178-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00178-2)
- DAS, K.; LEPOINT, G.; LEROY, Y. & BOUQUEGNEAU, J.M. 2003. Marine mammals from the southern North Sea: feeding ecology data from  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  measurements. *Marine Ecology Progress Series*, 263: 287-298, [http://dx.doi.org/10.1016/S0141-1136\(02\)00308-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0141-1136(02)00308-2)
- DAURA-JORGE, F.G. 2007. A Dinâmica Predador-Presa e o Comportamento do Boto-Cinza, *Sotalia guianensis* (Cetacea, Delphinidae), na Baía Norte da Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 103p. <[http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/10948/Disertação\\_DauraJorge2007.pdf](http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/10948/Disertação_DauraJorge2007.pdf)>. (Acesso em 18/06/2012)
- DEHN, L.A.; FOLLMANN, E.H.; THOMAS, D.L.; SHEFFIELD, G.G.; ROSA, C.; DUFFY, L.K. & O'HARA, T.M. 2006. Trophic relationships in an Arctic food web and implications for trace metal transfer. *Science of The Total Environment*, 362: 103-123, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.11.012>
- DENIRO, M.J. & EPSTEIN, S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42: 495-506, [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(78\)90199-0](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(78)90199-0)
- DENIRO, M.J. & EPSTEIN, S. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45: 341-351, [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(81\)90244-1](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(81)90244-1)
- DI BENEDETTO, A.P.M. 2000. Ecologia alimentar de *Pontoporia blainvillei* e *Sotalia fluviatilis* (Cetacea) na costa Norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Tese de Doutorado*. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos, RJ, Brasil. 173p.
- DI BENEDETTO, A.P.M.; RAMOS, R.M.A. & LIMA, N.R.W. 2001. *Os golfinhos: origem, classificação, captura acidental, hábito alimentar*. Cinco Continentes, Porto Alegre, RS. 152p.
- DORNELES, P.R.; LAILSON-BRITO, J.; SANTOS, R.A.; COSTA, P.A.S.; MALM, O.; AZEVEDO, A.F. & TORRES, J.P.M. 2007. Cephalopods and cetaceans as indicators of offshore bioavailability of cadmium off Central South Brazil Bight. *Environmental Pollution*, 148: 352-359, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2006.09.022>
- EDWARDS, E.S.; TURNER, T.F. & SHARP, Z.D. 2002. Short- and Long-Term Effects of Fixation and Preservation on Stable Isotope Values ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{34}\text{S}$ ) of Fluid-Preserved Museum Specimens. *Copeia*, 2002: 1106-1112, [http://dx.doi.org/10.1643/0045-8511\(2002\)002\[1106:SALTEO\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1643/0045-8511(2002)002[1106:SALTEO]2.0.CO;2)
- FAUROT, E.R.; AMES, J.A. & COSTA, D.P. 1986. Analysis of sea otter, *Enhydra lutris*, scats collected from a California Haulout site. *Marine Mammal Science*, 2: 223-227, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.1986.tb00042.x>
- FISCUS, C.H. & BAINES, G.A. 1966. Food and feeding behavior of Steller and California Sea Lions. *Journal of Mammalogy*, 47: 195-200, <http://dx.doi.org/10.2307/1378115>

- FONTAINE, M.C.; TOLLEY, K.A.; SIEBERT, U.; GOBERT, S.; LEPOINT, G.; BOUQUEGNEAU, J. & DAS, K. 2007. Long-term feeding ecology and habitat use in harbour porpoises *Phocoena phocoena* from Scandinavian waters inferred from trace elements and stable isotopes. *BMC Ecology*, 7: 1, <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6785-7-1>
- FREDHEIM, B.; HOLEN, S.; UGLAND, K.I.; GRAHL-NIELSEN, O. & ARNOLDUS SCHYTTTE BLIX, L.W.A.Ø.U. 1995. Fatty acid composition in blubber, heart and brain from phocid seals. *Developments in Marine Biology*, 4: 153-168, [http://dx.doi.org/10.1016/S0163-6995\(06\)80019-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0163-6995(06)80019-3)
- FRY, B. 2006. *Stable isotope ecology*. Springer, New York, NY. 276p, <http://dx.doi.org/10.1007/0-387-33745-8>
- FRY, B.; WOELI-LIH, J.; SCALAN, R.S.; PARKER, P.L. & BACCUS, J. 1978.  $\delta^{13}\text{C}$  food web analysis of a Texas sand dune community. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42: 1299-1302, [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(78\)90124-2](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(78)90124-2)
- GEARING, J.N. 1991. The study of diet and trophic relationships through natural abundance  $^{13}\text{C}$ . Pp. 201-218. In: D. C. Coleman & B. Fry (eds.). Carbon isotope techniques, Academic Press, Toronto, ON. 274p.
- GRAHL-NIELSEN, O.; HAMMILL, M.O.; LYDERSEN, C. & WAHLSTRØM, S. 2000. Transfer of fatty acids from female seal blubber via milk to pup blubber. *Journal of Comparative Physiology B*, 170: 277-283, <http://dx.doi.org/10.1007/s003600000099>
- GRAY, J.S. 2002. Biomagnification in marine systems: the perspective of an ecologist. *Marine Pollution Bulletin*, 45: 46-52, [http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00323-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00323-X)
- GREEN, G.A. & BRUEGGEMAN, J.J. 1991. Sea otter diets in a declining population in Alaska. *Marine Mammal Science*, 7: 395-401, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.1991.tb00114.x>
- HALLEY, D.J.; MINAGAWA, M.; NIEMINEN, M. & GAARE, E. 2008. Preservation in 70% ethanol solution does not affect  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  values of reindeer blood samples – relevance for stable isotope studies of diet. *Rangifer*, 28: 9-12.
- HAMMILL, M.O. & SMITH, T.G. 1991. The role of predation in the ecology of the ringed seal in Barrow Strait, Northwest-Territories, Canada. *Marine Mammal Science*, 7: 123-135, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.1991.tb00559.x>
- HANSEL, H.C.; DUKE, S.D.; LOFY, P.T. & GRAY, G.A. 1988. Use of diagnostic bones to identification and estimate original lengths of ingested prey fishes. *American Fisheries Society*, 11: 55-62, [http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659\(1988\)117<0055:UO>2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(1988)117<0055:UO>2.3.CO;2)
- HÄRKÖNEN, T. 1986. *Guide to the Otoliths of the Bony Fishes of the Northeast Atlantic*. Danbiu ApS, Hellerup, Denmark. 256p.
- HARVEY, J.T.; LOUGHLIN, T.R.; PEREZ, M.A. & OXMAN, D.S. 2000. *Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the Eastern North Pacific Ocean*. NOAA Technical Report NMFS 150. < <http://spo.nwr.noaa.gov/tr150.pdf> >. (Acesso em 18/06/2012)
- HERMAN, D.P.; BURROWS, D.G.; WADE, P.R.; DURBAN, J.W.; MATKIN, C.O.; LEDUC, R.G.; BARRETT-LENNARDS, L.G. & KRAHN, M.M. 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*, 302: 275-291, <http://dx.doi.org/10.3354/meps302275>
- HERMAN, D.P.; MATKIN, C.O.; YLITALO, G.M.; DURBAN, J.W.; BRADLEY HANSON, M.; DAHLHEIM, M.E.; STRALEY, J.M.; WADE, P.R.; BURROWS, D.G.; WADE, P.R.; TILBURY, K.L.; BOYER, R.H.; PEARCE, R.W. & KRAHN, M.M. 2008. Assessing age distributions of killer whale *Orcinus orca* populations from the composition of endogenous fatty acids in their outer blubber layers. *Marine Ecology Progress Series*, 372: 289-302, <http://dx.doi.org/10.3354/meps07709>
- HERMAN, D.P.; YLITALO, G.M.; ROBBINS, J.; STRALEY, J.M.; GABRIELE, C.M.; CLAPHAM, P.J.; BOYER, R.H.; TILBURY, K.L.; PEARCE, R.W. & KRAHN, M.M. 2009. Age determination of humpback whales *Megaptera novaeangliae* through blubber fatty acid compositions of biopsy samples. *Marine Ecology Progress Series*, 392: 277-293, <http://dx.doi.org/10.3354/meps08249>
- HILDERBRAND, G.V.; FARLEY, S.D.; ROBBINS, C.T.; HANLEY, T.A.; TITUS, K. & SERVHEEN, C. 1996. Use of stable isotopes to determine diets of living and extinct bears. *Canadian Journal of Zoology*, 74: 2080-2088, <http://dx.doi.org/10.1139/z98-162>
- HOBSON, K.A. 1999. Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia*, 120: 314-326, <http://dx.doi.org/10.1007/s004420050865>
- HOBSON, K.A. & CLARK, R.G. 1992. Assessing avian diets using stable isotopes. Turnover of carbon-13. *Condor*, 94: 181-188, <http://dx.doi.org/10.2307/1368807>
- HOBSON, K.A. & WELCH, H.E. 1992. Determination of trophic relationships within a high arctic marine food web using  $\delta^{13}\text{C}$  and

- $\delta^{15}\text{N}$  analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 84: 9-18, <http://dx.doi.org/10.3354/meps084009>
- HOBSON, K.A.; AMBROSE JR, W.G. & RENAUD, P.E. 1995. Sources of primary production, benthic-pelagic coupling, and trophic relationships within the Northeast Water Polynya: insights from  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^1\text{N}$  analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 128: 1-10, <http://dx.doi.org/10.3354/meps128001>
- HOBSON, K.A.; SCHELL, D.M.; RENOUEF, D. & NOSEWORTHY, E. 1996. Stable-carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals: Implications for dietary reconstructions involving marine mammals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 528-533, <http://dx.doi.org/10.1139/f95-209>
- HOBSON, K.A.; SEASE, J.L.; MERRICK, R.L. & PIATT, J.F. 1997a. Investigating trophic relationships of pinnipeds in Alaska and Washington using stable isotope ratios of nitrogen and carbon. *Marine Mammal Science*, 13: 114-132, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.1997.tb00615.x>
- HOBSON, K.A.; GIBBS, H.L. & GLOUTNEY, M.L. 1997b. Preservation of blood and tissue samples for stable-carbon and stable-nitrogen isotope analysis. *Canadian Journal of Zoology*, 75: 1720-1723, <http://dx.doi.org/10.1139/z97-799>
- HOBSON, K.A.; FISK, A.; KARNOVSKY, N.; HOLST, M.; GAGNON, J.-M. & FORTIER, M. 2002. A stable isotope ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) model for the North Water food web: implications for evaluating trophodynamics and the flow of energy and contaminants. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 49: 5131-5150, [http://dx.doi.org/10.1016/S0967-0645\(02\)00182-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0967-0645(02)00182-0)
- HOOKE, S.K.; IVERSON, S.J.; OSTROM, P.H. & SMITH, S.C. 2001. Diet of northern bottlenose whales inferred from fatty-acid and stable-isotope analyses of biopsy samples. *Canadian Journal of Zoology*, 79: 1442-1454, <http://dx.doi.org/10.1139/cjz-79-8-1442>
- HÜCKSTÄDT, L.A.; ROJAS, C.P. & ANTEZANA, T. 2007. Stable isotope analysis reveals pelagic foraging by the Southern sea lion in central Chile. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 347: 123-133, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2007.03.014>
- IVERSON, S.J. 1988. Composition, Intake and Gastric Digestion of Milk Lipids in Pinnipeds. *Tese de Doutorado*. University of Maryland. College Park, MD, USA. 198p.
- IVERSON, S.J. 1993. Milk secretion in marine mammals in relation to foraging: can milk fatty acids predict diet? *Symposium of the Zoological Society of London*, 66: 263-291.
- IVERSON, S.J. 2009a. Tracing aquatic food webs using fatty acids: from qualitative indicators to quantitative determination. Pp. 281-307. *In*: M. T. Arts, M. T. Brett & M. J. Kainz (eds.). *Lipids in Aquatic Ecosystems*. Springer, New York, NY. 380p.
- IVERSON, S.J. 2009b. Blubber. Pp. 115-120. *In*: W. F. Perrin, B. Würsig & J. G. M. Thewissen (eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, CA. 1414p.
- IVERSON, S.J.; OFTEDAL, O.T.; BOWEN, D.J.; BONESS, D.J. & SAMPUGNA, J. 1995. Prenatal and postnatal transfer of fatty acids from mother to pup in the hooded seal. *Journal of Comparative Physiology B*, 165: 1-12, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00264680>
- IVERSON, S.J.; ARNOULD, J.P.Y. & BOYD, I.L. 1997a. Milk fatty acid signatures indicate both major and minor shifts in the diet of lactating Antarctic fur seals. *Canadian Journal of Zoology*, 75: 188-197, <http://dx.doi.org/10.1139/z97-026>
- IVERSON, S.J.; FROST, K.J. & LOWRY, L.F. 1997b. Fatty acid signatures reveal fine scale structure of foraging distribution of harbor seals and their prey in Prince William Sound, Alaska. *Marine Ecology Progress Series*, 151: 255-271, <http://dx.doi.org/10.3354/meps151255>
- IVERSON, S.J.; FIELD, C.; BOWEN, W.D. & BLANCHARD, W. 2004. Quantitative fatty acid signature analysis: A new method of estimating predator diet. *Ecological Monographs*, 74: 11-235, <http://dx.doi.org/10.1890/02-4105>
- KAEHLER, S. & PAKHOMOV, E.A. 2001. Effects of storage and preservation on the  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  signatures of selected marine organisms. *Marine Ecology Progress Series*, 219: 299-304, <http://dx.doi.org/10.3354/meps219299>
- KÄKELÄ, R. & HYVÄRINEN, H. 1996. Site-specific fatty acid composition in adipose tissues of several northern aquatic and terrestrial mammals. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 115: 501-514, [http://dx.doi.org/10.1016/S0305-0491\(96\)00150-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0305-0491(96)00150-2)
- KIRSCH, P.E.; IVERSON, S.J. & BOWEN, W.D. 2000. Effect of a low-fat diet on body composition and blubber fatty acids of captive juvenile harp seals (*Phoca groenlandica*). *Physiological and Biochemical Zoology*, 73: 45-59, <http://dx.doi.org/10.1086/316723>
- KISZKA, J.; OREMUS, M.; RICHARD, P.; POOLE, M. & RIDOUX, V. 2010. The use of stable isotope analyses from skin biopsy samples to assess trophic relationships of sympatric delphinids off Moorea (French Polynesia). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 395: 48-54, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2010.08.010>

- KOOPMAN, H.N.; IVERSON, S.J. & GASKIN, D.E. 1996. Stratification and age-related differences in blubber fatty acids of the male harbour porpoise (*Phocoena phocoena*). *Journal of Comparative Physiology B*, 165: 628-639, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00301131>
- KRAHN, M.M.; HERMAN, D.P.; YLITALO, G.M.; SLOAN, C.A.; BURROWS, D.G.; HOBBS, R.C.; MAHONEY, B.A.; YANAGIDA, G.K.; CALAMBOKIDIS, J. & MOORE, S.E. 2004. Stratification of lipids, fatty acids and organochlorine contaminants in blubber of white whales and killer whales. *Journal of Cetacean Research and Management*, 6: 175-189.
- KRAHN, M.M.; HERMAN, D.P.; MATKIN, C.O.; DURBAN, J.W.; BARRETT-LENNARD, L.; BURROWS, D.G.; DAHLHEIM, M.E.; BLACK, N.; LEDUC, R.G. & WADE, P.R. 2007. Use of chemical tracers in assessing the diet and foraging regions of eastern North Pacific killer whales. *Marine Environmental Research*, 63: 91-114, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2006.07.002>
- 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: 643-663, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2008.00213.x>
- KREBS, C.J. 1987. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publisher, New York, NY. 654p.
- KUNITO, T.; WATANABE, I.; YASUNAGA, G.; FUJISE, Y. & TANABE, S. 2002. Using trace elements in skin to discriminate the populations of minke whales in southern hemisphere. *Marine Environmental Research*, 53: 175-197, [http://dx.doi.org/10.1016/S0141-1136\(01\)00119-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0141-1136(01)00119-2)
- KURLE, C.M. & WORTHY, G.A.J. 2001. Stable isotope assessment of temporal and geographic differences in feeding ecology of northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) and their prey. *Oecologia*, 126: 254-265, <http://dx.doi.org/10.1007/s004420000518>
- LAILSON-BRITO, J.; DORNELES, P.R.; AZEVEDO-SILVA, C.E.; AZEVEDO, A.F.; VIDAL, L.G.; ZANELATTO, R.C.; LOZINSKI, C.P.C.; AZEREDO, A.; FRAGOSO, A.B.L.; CUNHA, H.A.; TORRES, J.P.M. & MALM, O. 2010. High organochlorine accumulation in blubber of Guiana dolphin, *Sotalia guianensis*, from Brazilian coast and its use to establish geographical differences among populations. *Environmental Pollution*, 158: 1800-1808, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2009.11.002>
- LAJHTA, K. & MICHENER, R.H. 1994. *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK. 592p.
- LAHAYE, V.; BUSTAMANTE, P.; SPITZ, J.; DABIN, W.; DAS, K.; PIERCE, G.J. & CAURANT, F. 2005. Long-term dietary segregation of common dolphins *Delphinus delphis* in the Bay of Biscay, determined using cadmium as an ecological tracer. *Marine Ecology Progress Series*, 305: 275-285, <http://dx.doi.org/10.3354/meps305275>
- LAWSON, J.W. & HOBSON, K.A. 2000. Diet of harp seals (*Pagophilus groenlandicus*) in nearshore northeast Newfoundland: inferences from stable-carbon ( $\delta^{13}C$ ) and nitrogen ( $\delta^{15}N$ ) isotope analyses. *Marine Mammal Science*, 16: 578-591, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2000.tb00953.x>
- LESAGE, V.; HAMMILL, M.O. & KOVACS, K.M. 2001. Marine mammals and the community structure of the Estuary and Gulf of St Lawrence, Canada: evidence from stable isotope analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 210: 203-221, <http://dx.doi.org/10.3354/meps210203>
- LESAGE, V.; HAMMILL, M.O. & KOVACS, K.M. 2002. Diet-tissue fractionation of stable carbon and nitrogen isotopes in phocid seals. *Marine Mammal Science*, 18: 182-193, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2002.tb01027.x>
- LEWIS, R.; O'CONNELL, T.C.O.; LEWIS, M.; CAMPAGNA, C. & HOELZEL, A.R. 2006. Sex-specific foraging strategies and resource partitioning in the southern elephant seal (*Mirounga leonina*). *Proceedings of Biological Sciences*, 273: 2901-2907, <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2006.3642>
- LOGAN, J.M.; JARDINE, T.D.; MILLER, T.J.; BUNN, S.E.; CUNJAK, R.A. & LUTCAVAGE, M.E. 2008. Lipid corrections in carbon and nitrogen stable isotope analyses: comparison of chemical extraction and modelling methods. *Journal of Animal Ecology*, 77: 838-846, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01394.x>
- LOSETO, L.L.; STERN, G.A. & FERGUSON, S.H. 2008a. Size and Biomagnification: How Habitat Selection Explains Beluga Mercury Levels. *Environmental Science & Technology*, 42: 3982-3988, <http://dx.doi.org/10.1021/es7024388>
- LOSETO, L.L.; STERN, G.A.; DEIBEL, D.; CONNELLY, T.L.; PROKOPOWICZ, A.; LEAN, D.R.S.; FORTIER, L. & FERGUSON, S.H. 2008b. Linking mercury exposure to habitat and feeding behaviour in Beaufort Sea beluga whales. *Journal of Marine Systems*, 74: 1012-1024, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2007.10.004>

- LOSETO, L.L.; STERN, G.A.; CONNELLY, T.L.; DEIBEL, D.; GEMMILL, B.; PROKOPOWICZ, A.; FORTIER, L. & FERGUSON, S.H. 2009. Summer diet of beluga whales inferred by fatty acid analysis of the eastern Beaufort Sea food web. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 374: 12-18, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2009.03.015>
- MACLEOD, C.D.; SANTOS, M.B. & PIERCE, G.J. 2003. Review of data on diets of beaked whales: evidence of niche separation and geographic segregation. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 83: 651-665, <http://dx.doi.org/10.1017/S0025315403007616h>
- MACLEOD, C.D.; SANTOS, M.B.; LÓPEZ, A. & PIERCE, G.J. 2006. Relative prey size consumption in toothed whales: implications for prey selection and level of specialisation. *Marine Ecology Progress Series*, 326: 295-307, <http://dx.doi.org/10.3354/meps326295>
- MANGEL, J.C.; WHITTY, T.; MEDINA-VOGEL, G.; ALFARO-SHIGUETO, J.; ACERES, C.C. & GODLEY, B.J. 2010. Latitudinal variation in diet and patterns of human interaction in the marine otter. *Marine Mammal Science*, 27: E14-E25, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2010.00414.x>
- MARCOUX, M.; WHITEHEAD, H. & RENDELL, L. 2007. Sperm whale feeding variation by location, year, social group and clan: evidence from stable isotopes. *Marine Ecology Progress Series*, 333: 309-314, <http://dx.doi.org/10.3354/meps333309>
- MATTHEWS, L.H. 1937. The humpback whale, *Megaptera nodosa*. *Discovery Reports*, 17:7-92.
- MCCONNAUGHEY, T. & MCROY, C.P. 1979. Food-web structure and the fractionation of carbon isotopes in the Bering Sea. *Marine Biology*, 53: 257-262, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00952434>
- MEDINA-VOGEL, G.; RODRÍGUEZ, C.D.; ALVAREZ, R.E. & BARTHELD, J.L. 2004. Feeding ecology of the marine otter (*Lutra felina*) in a rocky seashore of the south of Chile. *Marine Mammal Science*, 20: 134-144, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2004.tb01144.x>
- MELO, C.L.C.; SANTOS, R.A.; BASSOI, M.; ARAÚJO, A.C.; LAILSON-BRITO, J.; DORNELES, P.R. & AZEVEDO, A.F. 2010. Feeding habits of delphinids (Mammalia: Cetacea) from Rio de Janeiro State, Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 90: 1509-1515, <http://dx.doi.org/10.1017/S0025315409991639>
- MEYNIER, L.; MOREL, P.C.H.; CHILVERS, B.L.; MACKENZIE, D.D.S.; MACGIBBON, A. & DUIGNAN, P.J. 2008. Temporal and sex differences in the blubber fatty acid profiles of the New Zealand sea lion *Phocarctos hookeri*. *Marine Ecology Progress Series*, 366: 271-279, <http://dx.doi.org/10.3354/meps07617>
- MICHENER, R.H. & SCHELL, D.M. 1994. Stable isotope ratios as tracers in marine aquatic food webs. Pp. 138-157. In: R.H. Michener & K. Lajtha (eds.) *Stable isotopes in ecology and environmental science*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 592p.
- MINAGAWA, M. & WADA, E. 1984. Stepwise enrichment of  $^{15}\text{N}$  along food chains: Further evidence and the relation between  $\delta^{15}\text{N}$  and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48: 1135-1140, [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(84\)90204-7](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(84)90204-7)
- MITANI, Y.; BANDO, T.; TAKAI, N. & SAKAMOTO, W. 2006. Patterns of stable carbon and nitrogen isotopes in the baleen of common minke whale *Balaenoptera acutorostrata* from the western North Pacific. *Fisheries Science*, 72: 69-76, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1444-2906.2006.01118.x>
- MIZUTANI, H. & WADA, E. 1991. Nitrogen and carbon isotope ratios in seabird rookeries and their ecological implications. *Ecology*, 69: 340-349, <http://dx.doi.org/10.2307/1940432>
- MURASE, H.; TAMURA, T.; KIWADA, H.; FUJISE, Y.; WATANABE, H.; OHIZUMI, H.; YONEZAKI, S.; OKAMURA, H. & KAWAHARA, S. 2007. Prey selection of common minke (*Balaenoptera acutorostrata*) and Bryde's (*Balaenoptera edeni*) whales in the western North Pacific in 2000 and 2001. *Fisheries Oceanography*, 16: 186-201, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2419.2006.00426.x>
- NIÑO-TORRES, C.A.; GALLO-REYNOSO, J.P.; GALVÁN-MAGAÑA, F.; ESCOBAR-BRIONES, E. & MACKO, S.A. 2006. Isotopic analysis of  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{34}\text{S}$  "a feeding tale" in teeth of the longbeaked common dolphin, *Delphinus capensis*. *Marine Mammal Science*, 22:831-846, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2006.00065.x>
- NISHIWAKI, M. & HANDA, C. 1958. Killer whales caught in coastal waters off Japan. *Scientific Reports of the Whales Research Institute*, 13: 85-96.
- NODA, K.; ICHIHASHI, H.; LOUGHLIN, T.R.; BABA, N.; KIYOTA, M. & TATSUKAWA, R. 1995. Distribution of heavy metals in muscle, liver and kidney of northern fur seal

- (*Callorhinus ursinus*) caught off Sanriku, Japan and from the Pribilof islands, Alaska. *Environmental Pollution*, 90: 51-59, [http://dx.doi.org/10.1016/0269-7491\(94\)00089-V](http://dx.doi.org/10.1016/0269-7491(94)00089-V)
- NORDSTROM, C.A.; WILSON, L.J.; IVERSON, S.J. & TOLLIT, D.J. 2008. Evaluating quantitative fatty acid signature analysis (QFASA) using harbour seals *Phoca vitulina richardsi* in captive feeding studies. *Marine Ecology Progress Series*, 360: 245-263, <http://dx.doi.org/10.3354/meps07378>
- OHIZUMI, H. & MIYAZAKI, N. 2010. Differences in stable isotope ratios of Dall's porpoises (*Phocoenoides dalli*) between coastal and oceanic areas of the North Pacific. *Fisheries Oceanography*, 19: 257-261, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2419.2010.00547.x>
- OLSEN, E. & GRAHL-NIELSEN, O. 2003. Blubber fatty acids of minke whales: Stratification, population identification and relation to diet. *Marine Biology*, 142: 13-24, <http://dx.doi.org/10.1007/s00227-002-0934-2>
- PETERSON, B.J. & FRY, B. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18: 293-320, <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.001453>
- PINELA, A.M.; BORRELL, A.; CARDONA, L. & AGUILAR, A. 2010. Stable isotope analysis reveals habitat partitioning among marine mammals off the NW African coast and unique trophic niches for two globally threatened species. *Marine Ecology Progress Series*, 416: 295-306, <http://dx.doi.org/10.3354/meps08790>
- PINKAS, J.; OLIPHANT, M.S. & IVERSON, I.L.K. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fishery Bulletin*, 152: 105.
- PONSARD, S. & AMLOUC, M. 1999. Effects of several preservation methods on the isotopic content of *Drosophila* samples. *Animal Biology*, 322: 35-41, [http://dx.doi.org/10.1016/S0764-4469\(99\)80015-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0764-4469(99)80015-8)
- POST, D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods and assumptions. *Ecology*, 83: 703-718, [http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[0703:USITET\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[0703:USITET]2.0.CO;2)
- POST, D.M.; LAYMAN, C.A.; ARRINGTON, D.A.; TAKIMOTO, G.; QUATTROCHI, J. & MONTANA, C.G. 2007. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. *Oecologia*, 152: 179-189, <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-006-0630-x>
- RAU, G.H.; AINLEY, D.G.; BENGTSON, J.L.; TORRES, J.J. & HOPKINS, T.L. 1992.  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  in Weddell Sea birds, seals, and fish: implications for diet and trophic structure. *Marine Ecology Progress Series*, 84: 1-8, <http://dx.doi.org/10.3354/meps084001>
- REICH, K. & WORTHY, G.A.J. 2006. An isotopic assessment of the feeding habits of free-ranging manatees. *Marine Ecology Progress Series*, 322: 303-309, <http://dx.doi.org/10.3354/meps322303>
- RENZONI, A.; ZINO, F. & FRANCHI, E. 1998. Mercury Levels along the Food Chain and Risk for Exposed Populations. *Environmental Research*, 77: 68-72, <http://dx.doi.org/10.1006/enrs.1998.3832>
- REYNOLDS III, J.E. & ROMMEL, S.A. 1999. *Biology of Marine Mammals*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 578p.
- RICCIALDELLI, L.; NEWSOME, S.D.; FOGEL, M.L. & GOODALL, R.N.P. 2010. Isotopic assessment of prey and habitat preferences of a cetacean community in the southwestern South Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 418: 235-248, <http://dx.doi.org/10.3354/meps08826>
- ROBERTS, S.M. 2003. Examination of the stomach contents from a Mediterranean sperm whale found south of Crete, Greece. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 83: 667-670, <http://dx.doi.org/10.1017/S0025315403007628h>
- RODRIGUEZ, D.; RIVERO, L. & BASTIDA, R. 2002. Feeding ecology of the franciscana (*Pontoporia blainvillei*) in marine and estuarine waters of Argentina. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 1: 77-94, <http://dx.doi.org/10.5597/lajam00012>
- SAMUEL, A.M. & WORTHY, G.A.J. 2004. Variability in fatty acid composition of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) blubber as a function of body site, season, and reproductive state. *Canadian Journal of Zoology*, 82: 1933-1942, <http://dx.doi.org/10.1139/z05-001>
- SANTOS, R.A. & HAIMOVICI, M. 2001. Cephalopods in the diet of marine mammals stranded or incidentally caught along southeastern and southern Brazil (21-34°S). *Fisheries Research*, 52: 99-112, [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00234-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00234-X)
- SANTOS, M.B.; PIERCE, G.J.; ROSS, H.M.; REID, R.J. & WILSON, B. 1994. *Diets of small cetaceans from the Scottish coast*. International Council for the Exploration of the Sea Council Meeting, Copenhagen. 16p.
- SCHELL, D.M.; SAUPE, S.M. & HAUBENSTOCK, N. 1989. Natural isotope abundances in bowhead whale (*Balaena*

- mysticetus*) baleen: markers of aging and habitat usage. Pp. 261-269. In: P. W. Rundell, J. R. Ehleringer & K. A. Nagy (eds.). Stable isotopes in ecological research. Springer Verlag, New York, NY. 525p, [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4612-3498-2\\_15](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4612-3498-2_15)
- SEKIGUCHI, K.; KLAGES, N.T.W. & BEST, P.B. 1992. Comparative analysis of the diets of smaller odontocete cetaceans along the coast of southern Africa. *South African Journal of Marine Science*, 12: 843-886, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00043014>
- SKOGLUND, E.G.; LYDERSEN, C.; GRAHL-NIELSEN, O.; HAUG, T. & KOVACS, K.M. 2010. Fatty acid composition of the blubber and dermis of adult male Atlantic walrus (*Odobenus rosmarus rosmarus*) in Svalbard, and their potential prey. *Marine Biology Research*, 6: 239-250, <http://dx.doi.org/10.1080/17451000903233755>
- SMITH, H.R. & WORTHY, G.A.J. 2006. Stratification and intra- and inter-specific differences in fatty acid composition of common dolphin (*Delphinus* sp.) blubber: Implications for dietary analysis. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*, 143: 486-499, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpb.2005.12.025>
- SMITH, R.J.; HOBSON, K.A.; KOOPMAN, H.N. & LAVIGNE, D.M. 1996. Distinguishing between populations of fresh-and salt-water harbour seals (*Phoca vitulina*) using stable-isotope ratios and fatty acid profiles. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 272-279, <http://dx.doi.org/10.1139/f95-192>
- STEPHANIS, R.; GARCÍA-TÍSCAR, S.; VERBORGH, P.; ESTEBAN-PAVO, R.; PÉREZ, S.; MINVIELLE-SEBASTIA, L. & GUINET, C. 2008. Diet of the social groups of long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) in the Strait of Gibraltar. *Marine Biology*, 154: 603-612, <http://dx.doi.org/10.1007/s00227-008-0953-8>
- STIRLING, I. & MCEWAN, E.H. 1975. The calorific value of whole ringed seals (*Phoca hispida*) in relation to polar bear (*Ursus maritimus*) ecology and hunting behaviour. *Canadian Journal of Zoology*, 53: 1021-1027, <http://dx.doi.org/10.1139/z75-117>
- STRANDBERG, U.; KÄKELÄ, A.; LYDERSEN, C.; KOVACS, K.M.; GRAHL-NIELSEN, O.; HYVÄRINEN, H. & KÄKELÄ, R. 2008. Stratification, Composition, and Function of Marine Mammal Blubber: The Ecology of Fatty Acids in Marine Mammals. *Physiological and Biochemical Zoology*, 81: 473-485, <http://dx.doi.org/10.1086/589108>
- TERRIEN, J.F.; FITZGERALD, G.; GAUTHIER, G. & BÊTY, J. 2011. Diet-tissue discrimination factors of carbon and nitrogen stable isotopes in blood of Snowy Owl (*Bubo scandiacus*). *Canadian Journal of Zoology*, 89: 345-347, <http://dx.doi.org/10.1139/z11-008>
- THIEMANN, G.W.; IVERSON, S.J. & STIRLING, I. 2007. Variability in the blubber fatty acid composition of ringed seals (*Phoca hispida*) across the Canadian Arctic. *Marine Mammal Science*, 23: 241-261, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2007.00101.x>
- THIEMANN, G.W.; IVERSON, S.J. & STIRLING, I. 2008. Variation in blubber fatty acid composition among marine mammals in the Canadian Arctic. *Marine Mammal Science*, 24: 91-111, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2007.00165.x>
- TIESZEN, L.L. & BOUTTON, T.W. 1989. Stable carbon isotopes in terrestrial ecosystem research. Pp. 167-195. In: P. W. Rundel, J. R. Ehleringer & K. A. Nagy (eds.). Stable isotopes in ecological research. Springer-Verlag, New York, NY. 525p, [http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4612-3498-2\\_11](http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4612-3498-2_11)
- TIESZEN, L.L.; BOUTTON, T.W.; TESDAHL, K.G. & SLADE, N.A. 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for  $\delta^{13}\text{C}$  analysis of diet. *Oecologia*, 57: 32-37, <http://dx.doi.org/10.1007/BF00379558>
- TODD, S.K.; HOLM, B.; ROSEN, D.A.S. & TOLLIT, D.J. 2010. Stable isotope signal homogeneity and differences between and within pinniped muscle and skin. *Marine Mammal Science*, 26: 176-185, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.2009.00345.x>
- TOLLIT, D.; PIERCE, G.; HOBSON, K.; BOWEN, W.D. & IVERSON, S.J. 2010. Measurement of diet in marine mammals. Pp. 191-221. In: I. L. Boyd, W. D. Bowen & S. J. Iverson (eds.). Marine Mammal Ecology and Conservation: a Handbook of Techniques. Oxford University Press, Cambridge, UK. 448p.
- TUSET, V.M.; LOMBARTE, A. & ASSIS, C.A. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 72: 1-203, <http://dx.doi.org/10.3989/scimar.2008.72s17>
- WAGEMANN, R.; TREBACZ, E.; BOILA, G. & LOCKHART, W.L. 1998. Methylmercury and total mercury in tissues of arctic marine mammals. *Science of the Total Environment*, 218: 19-31, [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00192-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00192-2)
- WALKER, J.; POTTER, C. & MACK, S. 1999. The diets of modern and historic bottlenose dolphin populations reflect through stable isotopes. *Marine Mammal Science*, 15: 335-350, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.1999.tb00805.x>

WALTON, M.J. & POMEROY, P.P. 2003. Use of blubber fatty acid profiles to detect inter-annual variations in the diet of grey seals *Halichoerus grypus*. *Marine Ecology Progress Series*, 248: 257-266, <http://dx.doi.org/10.3354/meps248257>

WALTON, M.J.; HENDERSON, R.J. & POMEROY, P.P. 2000. Use of blubber fatty acid profiles to distinguish dietary differences between grey seals from two UK breeding colonies. *Marine Ecology Progress Series*, 193: 201-208, <http://dx.doi.org/10.3354/meps248257>

WALTON, M.J.; SILVA, M.A.; MAGALHÃES, S.M.; PRIETO, R. & SANTOS, R.S. 2008. Fatty acid characterization of lipid fractions from blubber biopsies of sperm whales *Physeter macrocephalus* located around the Azores. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88: 1109-1115, <http://dx.doi.org/10.1017/S0025315408000775>

WATT, J.; PIERCE, G.J. & BOYLE, P.R. 1997. *Guide to the identification of North Sea fishes using premaxillae and vertebrae*. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen. 231p.

WHEATLEY, K.E.; NICHOLS, P.D.; HINDELL, M.A.; HARCOURT, R.G. & BRADSHAW, C.J.A. 2008. Differential Mobilization of Blubber Fatty Acids in Lactating Weddell Seals: Evidence for Selective Use. *Physiological and Biochemical Zoology*, 81: 651-662, <http://dx.doi.org/10.1086/590397>

YLITALO, G.M.; MATKIN, C.O.; BUZITIS, J.; KRAHN, M.M.; JONES, L.L.; ROWLES, T. & STEIN, J.E. 2001. Influence of life-history parameters on organochlorine concentrations in free-ranging killer whales (*Orcinus orca*) from Prince William Sound, AK. *The Science of The Total Environment*, 281: 183-203, [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00846-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00846-4)

YOUNG, D.D. & COCKCROFT, V.G. 1994. Diet of common dolphins (*Delphinus delphis*) off the south-east coast of southern Africa: opportunism or specialization? *Journal of Zoology*, 234: 41-53

ZANDEN, M.J.V. & RASMUSSEN, J.B. 1996. A trophic position model of pelagic food webs: impact on contaminant bioaccumulation in lake trout. *Ecological Monographs*, 66: 451-477, <http://dx.doi.org/10.2307/2963490>

ZANDEN, M.J. & RASMUSSEN, J.B. 1999. Primary consumer  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  and the trophic position of aquatic consumers. *Ecology*, 80: 1395-1404, [http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(1999\)080\[1395:PCCANA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(1999)080[1395:PCCANA]2.0.CO;2)

Submetido em 08/12/2008

Aceito em 24/03/2012