

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE

**Interacções tróficas entre sardinha (*S. pilchardus*) e
cavala (*S. colias*)**

SÉRGIO ALEXANDRE DA COSTA ABREU

MESTRADO EM AQUACULTURA E PESCAS – RAMO PESCAS

2011

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE CIÊNCIAS DO MAR E DO AMBIENTE

**Interacções tróficas entre sardinha (*S. pilchardus*) e
cavala (*S. colias*)**

SÉRGIO ALEXANDRE DA COSTA ABREU

Dissertação orientada por:
Professor Doutor Karim Erzini
Doutora Maria Manuel Angélico
Doutora Alexandra Silva

MESTRADO EM AQUACULTURA E PESCAS – RAMO PESCAS

2011

*O valor das coisas não está no tempo em que elas duram,
mas na intensidade com que acontecem.
Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas
incomparáveis.*

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar a minha gratidão:

À Doutora Maria Manuel Angélico, pelo tempo dispendido, disponibilidade, constante acompanhamento, apoio, encorajamento e excelente ajuda na revisão da dissertação.

À Doutora Alexandra Silva, pelos artigos que me forneceu, pela disponibilidade, acompanhamento, apoio e excelente ajuda na revisão da dissertação.

Ao Professor Doutor Karim Erzini, o meu orientador da Universidade do Algarve, sempre presente desde os meus tempos de estudante, pela disponibilidade, ajuda, apoio e encorajamento incondicionais demonstrado ao longo dos anos.

Ao IPIMAR, em especial ao Doutor Miguel Neves dos Santos e ao Doutor Yorgos Stratoudakis, por terem acreditado nas minhas capacidades e por terem possibilitado as condições necessárias para a elaboração deste projecto.

Às técnicas do IPIMAR de Lisboa, Fátima Quintela e Lurdes Dias, pela simpatia, disponibilidade e importante ajuda na fase laboratorial deste projecto.

Aos técnicos e colegas do IPIMAR de Olhão, Tibério Simões, Jorge Barra, José Luís Ova, Marco Cerqueira, Israel Ribeiro e Sérgio Amorim, pela amizade, boa disposição e importante colaboração na fase laboratorial deste projecto.

Aos meus amigos e amigas, pelo companheirismo e pelos bons momentos que passámos juntos que me permitem encarar a vida com um sorriso, mesmo quando as coisas não correm bem.

À minha família, especialmente aos meus avós e tios, que sempre me incentivaram, pela preocupação, por acreditarem e por toda a paciência que tiveram ao longo dos anos.

Finalmente, à minha irmã e aos meus pais, que me incentivaram e que nunca duvidaram das minhas capacidades, estando disponíveis para tudo e apoiando-me sempre independentemente das adversidades.

RESUMO

A sardinha Ibero-Atlântica (*Sardina pilchardus*) e a cavala (*Scomber colias*) são importantes espécies pelágicas dos ecossistemas marinhos do Atlântico, quer do ponto de vista ecológico, quer do ponto de vista económico. Esta tese tem por objectivo estudar a alimentação de sardinha e de cavala e possíveis interacções tróficas entre ambas as espécies visto que estas partilham espaço e recursos alimentares.

Estudou-se a dieta das duas espécies, capturadas na costa sul portuguesa entre Junho e Setembro, através da análise de presas nos conteúdos estomacais. Verificou-se que as principais presas nas suas dietas foram crustáceos (maioritariamente copépodes) pertencentes aos mesmos grupos taxonómicos, não se tendo verificado uma partição do zooplâncton com base no tamanho para as duas espécies. Os dados obtidos apontaram para a existência de uma sobreposição das dietas e potencial para competição. A sardinha apresentou um coeficiente de vacuidade elevado que foi mais acentuado quando em presença da cavala e observou-se a existência de uma alteração na dieta de cavala passando a alimentar-se de itens de maiores dimensões à medida que aumentava de tamanho. Os resultados constataam a existência provável de interacções tróficas entre estas duas espécies, sardinha e cavala.

ABSTRACT

The Atlanto-Iberian sardine (*Sardina pilchardus*) and the chub mackerel (*Scomber colias*) are important coastal pelagic species in marine ecosystems of the Atlantic Ocean, from an ecological and economic perspective. This dissertation aims to study the diet of sardine and mackerel and possible trophic interactions between the two species, as they share food and spatial resources.

The diet of both species, captured in the Portuguese South coast between June and September, was studied through the analysis of consumed prey in stomach contents. The most important prey was crustaceans (mainly copepods) belonging to the same taxonomic groups. Partitioning of zooplankton based on size was not observed in the diet of either species. The data obtained pointed to the existence of diet overlap and for potential competition. Sardine showed a high vacuity coefficient in the presence of mackerel and an ontogenetic diet shift of mackerel was observed, which feed on larger items with increasing size. This study verifies the existence of probable trophic interactions between the two species, *Sardina pilchardus* and *Scomber colias*.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO	1
Ecosistema pelágico da costa portuguesa	5
Objectivos	9
MATERIAL E MÉTODOS	10
1. Amostragem	10
1.1. Amostras da frota de cerco	10
1.2. Amostras da armação de pesca ao atum e da frota de arrasto	12
2. Procedimento laboratorial	12
2.1 Procedimento laboratorial geral	12
2.2 Procedimento laboratorial para análise dos conteúdos estomacais	13
2.2.1. Amostras da frota de cerco	13
2.2.2. Amostras da armação de pesca ao atum e da frota de arrasto	15
3. Análise dos dados – Caracterização e sobreposição de dietas	15
3.1. Comparação de escalas de enchimento	15
3.2. Índices de caracterização trófica	16
3.3. Índice de Horn para sobreposição de dietas	17
3.4. Comparação de dietas através de análise multivariada: 2 factores, espécie e tipo de lanço	17
RESULTADOS	19
1. Características biológicas gerais da sardinha e da cavala	19
1.1. Sardinha e cavala capturadas com arte de cerco	19
1.2. Cavalas recolhidas na armação de atum e por pesca de arrasto	21
1.3. Mudança ontogenética da dieta da cavala	23
2. Caracterização geral das dietas	24
2.1. Grau de enchimento dos estômagos	24
2.2. Análise da composição da dieta das duas espécies, sardinha e cavala	25

3. Comparações das dietas relativamente aos dois factores, espécie e tipo de lanço	
.....	26
3.1. Grau de enchimento dos estômagos	26
DISCUSSÃO	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXOS	60

INTRODUÇÃO

Nas principais regiões de afloramento do mundo, os peixes pelágicos de pequena e média dimensão (biqueirões, sardinhas, cavalas/sardas e carapaus) são um grupo importante comercial e ecologicamente. De acordo com a FAO (1997), são exploradas pela pesca 186 espécies de peixes pelágicos no mundo, sendo que 50 % do total de desembarques são representados por apenas sete espécies mais abundantes, entre as quais sardinhas e cavalas. Estes peixes são elementos essenciais nos ecossistemas marinhos devido à sua significativa biomassa nos níveis intermédios da cadeia alimentar, e por consequência têm um papel considerável na ligação entre os níveis tróficos (Bakun, 1996; Cury, 2000). Servem como presas para peixes de maiores dimensões, mamíferos marinhos e aves marinhas (Brodeur *et al.*, 2005; Emmett *et al.*, 2005). Os pequenos pelágicos, sardinhas e biqueirões, normalmente alimentam-se de fitoplâncton e/ou zooplâncton (Fréon *et al.*, 2005). As flutuações em populações de pequenos e médios pelágicos devido à pesca ou por factores naturais modificam a estrutura e funcionamento do ecossistema e têm um grande impacto sobre todo o ecossistema (Cury, 2000; Shannon *et al.*, 2000). Estes peixes pelágicos normalmente pertencem a um número reduzido de espécies e desempenham um importante papel no funcionamento do ecossistema, de acordo com Rice (1995).

Os cardumes de peixes pelágicos costeiros atingem biomassas elevadas que podem variar radicalmente de acordo com o recrutamento. Este nível intermédio da cadeia trófica é dominado por uma ou mais espécies de comportamento espacial gregário num dado ecossistema e que sofre grandes flutuações interanuais em biomassa (Fréon *et al.*, 2005). Durante muitos anos, debateu-se a importância do controlo “bottom-up” (controlo pelo alimento) versus o controlo “top-down” (*i.e.* controlo por predação) no entanto a discussão actual é sobre o que controla a importância relativa e a força das várias forças que actuam entre os componentes do ecossistema (Fréon *et al.*, 2005). A literatura sobre os fluxos tróficos nos ecossistemas marinhos é limitada e o papel dos peixes pelágicos muitas vezes não está documentado (Fréon *et al.*, 2005).

As interacções entre presas e predadores e a competição intra e inter-específica por alimento desempenham um papel determinante na estruturação das comunidades

piscícolas (Elliott *et al.*, 2002). Competição ocorre quando animais inibem a outros o acesso a recursos comuns, que são efectivamente ou potencialmente limitantes (Birch, 1957). A competição tem efeitos importantes sobre a dinâmica populacional e estrutura da comunidade, no entanto os modelos teóricos de competição fazem previsões distintas sobre a força das interacções competitivas dentro e entre as espécies. A teoria clássica da competição prevê que as interacções competitivas devem ser esperadas principalmente dentro da mesma espécie, porque ao longo das escalas de tempo evolutivas, a exclusão competitiva e diversificação de nichos levou à partição dos recursos entre as espécies (Colwell & Fuentes, 1975; Diamond, 1978). O modelo “lottery”, em contrapartida, prevê que a competição intra e interespecífica deve ser de igual magnitude, porque as espécies são competitivamente equivalentes (Sale, 1977).

Em sistemas de predador-presa, é difícil estabelecer uma relação clara especialmente quando estão envolvidas várias espécies de presas e predadores (May *et al.*, 1979). Uma sucessão na abundância de cinco espécies de peixe – *Sardinops sagax*, *Trachurus symmetricus*, *Sarda chiliensis*, *Engraulis mordax* e *Scomber japonicus* - foi observada ao largo da costa da Califórnia durante as últimas décadas (MacCall, 1996). Picos na abundância das espécies mais predatórias (*Sarda chiliensis* e *Scomber japonicus*) seguiram-se a períodos de maior abundância das outras espécies (*Sardinops sagax*, *Trachurus symmetricus* e *Engraulis mordax*). Também ao largo da África do Sul, a cavala apresentou picos de abundâncias após o carapau e sardinha também se terem tornado mais abundantes (Crawford *et al.*, 1987). Os peixes que são predadores podem sofrer grandes alterações em abundância devido a flutuações naturais na disponibilidade dos peixes que servem como alimento e simultaneamente, os predadores podem também influenciar o tamanho das populações sobre as quais exercem predação. Embora haja um número limitado de estudos de peixes que apontem para o controlo “top-down” de predadores sobre populações de presas, em geral, muitos trabalhos sugerem o controlo “bottom-up” das populações de predadores por presas. Consequentemente, as flutuações naturais e os impactos da pesca sobre a abundância de recursos de peixes que funcionem como presas deverão afectar os predadores de topo (Cury, 2000).

Os peixes pelágicos pequenos e médios formam cardumes e quase todas as espécies passam a maior parte das suas vidas nestes grupos organizados (Pitcher &

Parrish, 1993). O comportamento dos peixes em cardume confere várias vantagens para a sobrevivência, incluindo maior protecção contra predação, maior eficiência na detecção de presas em um ambiente heterogéneo e aumento da eficiência hidrodinâmica ao nadar (*e.g.* Magurran, 1990; Pitcher & Parrish, 1993). A importância dos cardumes pode ser vista na marcada tendência para peixes pelágicos de tamanho e forma semelhante do corpo formarem cardumes “juntos” independentemente das espécies (Pitcher & Parrish, 1993). Alguns autores afirmaram que diferentes espécies no mesmo cardume não se misturam ocupando diferentes lugares (Parrish, 1989; Fréon & Misund, 1999 in Fréon *et al.*, 2005).

Perceber os padrões da co-ocorrência de espécies no espaço e no tempo tem sido um tema central para diversos estudos que tentam investigar os factores que modelam a estrutura das comunidades e a distribuição das espécies (Diamond, 1975; Gotelli, 2000; Lizaso *et al.*, 2000). As evidências teóricas e empíricas sugerem que os indivíduos ecologicamente idênticos, populações ou espécies não serão capazes de co-ocorrer em uma comunidade por longos períodos de tempo porque a competição por recursos limitantes provavelmente vai levar à extinção de um ou mais dos membros da comunidade (Hardin 1960; Bengtsson, 1989). A coexistência de espécies em uma comunidade é, portanto, permitida por diferenças na utilização dos recursos e habitats (*e.g.* MacArthur & Levins, 1964), bem como pela predação diferencial ou distinta susceptibilidade a doenças e parasitas (Paine, 1966). Esta coexistência de espécies pode depender da forma e o comportamento serem complementares e as interacções mais fracas podem levar a uma mudança parcial do padrão espacial com as espécies a deslocarem-se para fora da sua gama ideal de condições ambientais. Esta separação não depende apenas do tamanho dos peixes, mas também das características fenotípicas e comportamentais (Massé *et al.*, 1996).

A dinâmica temporal dos stocks de espécies pelágicas mostra uma alternância de períodos de abundâncias extremamente reduzidas seguidos de períodos de abundâncias elevadas. Actualmente é quase unanimemente aceite em todo o mundo que as oscilações nas abundâncias e a alternância entre espécies costeiras de peixes pelágicos são devidas principalmente a factores ambientais e que a pesca intensifica os colapsos dos stocks destas espécies. A alternância de espécies devida exclusivamente às interacções tróficas,

sem nenhuma influência externa (ambiental ou antropogénica), não pode ser excluída. No entanto é difícil de provar porque existem poucos dados disponíveis para períodos longos de tempo sem grandes alterações nestes factores externos. Os efeitos ambientais, antropogénicos e do ecossistema estão muitas vezes misturados (Fréon *et al.*, 2005).

É de importância essencial para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas e para a gestão dos recursos explicar a combinação destes efeitos da estrutura da cadeia alimentar, das interações tróficas, das mudanças climáticas e das pressões antropogénicas sobre a dinâmica populacional (Casini *et al.*, 2010). Observações sobre o regime alimentar de um organismo permitem evidenciar as relações tróficas que se estabelecem com os seres vivos que o rodeiam e o grau de dependência em relação a determinadas condicionantes do meio (Cruz-Escalona *et al.*, 2000; Hajisamae *et al.*, 2003). O estudo da dinâmica das relações ecológicas entre as espécies coexistentes, incluindo as relações tróficas, pode contribuir para a gestão integrada dos recursos pesqueiros (Caragitsou & Papaconstantinou, 1993). Descrições de dietas e hábitos alimentares de peixes e de outros vertebrados marinhos através da análise de conteúdos estomacais são frequentes, existindo vários trabalhos sobre alimentação de peixes realizados em todo o mundo ao longo dos anos (*e.g.* Van der Lingen, 1998; Hajisamae *et al.*, 2003; Bode *et al.*, 2004; Brodeur *et al.*, 2008).

A sardinha, *Sardina pilchardus* (Walbaum 1792), e a cavala, *Scomber colias* (Gmelin 1789), são dois peixes marinhos muito importantes comercialmente no norte do Oceano Atlântico e no Mar Mediterrâneo (Scoles *et al.*, 1998). Além do seu valor económico para a pesca europeia, estas espécies ocupam uma posição chave na cadeia trófica do leste do Oceano Atlântico e nos ecossistemas do Mar Mediterrâneo (Cury, 2000). Ambas as espécies são pelágicas, migratórias, passam a maior parte da sua vida a nadar em cardumes organizados (*e.g.* Breder, 1967; Croker 1933; Van Olst & Hunter, 1970) e já foram encontradas em cardumes mistos e mono-específicos (*e.g.* Castro, 1991; Castillo-Jordan *et al.*, 2007; Hernandez & Ortega, 2000).

Ecossistema pelágico da costa portuguesa

A Península Ibérica fica localizada no extremo norte do sistema da corrente das Canárias. A região é influenciada por afloramento costeiro, essencialmente durante os meses de verão, e por outros importantes processos de mesoescala como a corrente de vertente para o pólo, vórtices, correntes costeiras de origem baroclinica e plumas de água de influência continental. O ambiente altamente dinâmico promove variabilidade espacial e temporal que conferem à região elevada produtividade biológica (Relvas *et al.*, 2009). A produção primária e a abundância dos peixes em sistemas de afloramento costeiro estão intimamente ligados e cerca de 25% da produção primária pode ser necessária para sustentar a pesca (Pauly, 1995). Jarre-Teichmann & Christensen (1998) estimou que entre 15% e 30% da produção primária total é necessária para sustentar a componente de peixes pelágicos nas principais áreas de afloramento do mundo.

Os principais peixes pelágicos em águas continentais portuguesas são a sardinha, a cavala e o carapau branco, *Trachurus trachurus*, também considerado semi-pelágico. Ocorrem também outras espécies de carapau (*Trachurus picturatus* e *Trachurus mediterraneus*), a boga (*Boops boops*), o biqueirão (*Engraulis encrasicolus*) e a sarda (*Scomber scombrus*). Estas espécies são normalmente capturadas por barcos de pesca de cerco mas também por barcos que operam com arrasto de peixe e palangre (ICES, 2006). Os peixes pelágicos de pequena e média dimensão, mais especificamente a sardinha, a cavala e o carapau, são as três espécies com os desembarques em portos nacionais mais elevados desde 2008, o que realça a sua importância comercial a nível nacional (DGPA, 2010).

A sardinha é o peixe pelágico mais abundante nas águas Ibéricas e representa o principal alvo da pesca de cerco em Portugal e Espanha (ICES, 2006). A abundância desta espécie tem especial relevância na costa atlântica marroquina, onde contribui com 70% dos desembarques de pescado dessa área (Amenzoui *et al.*, 2006) e com capturas médias de 600 000 toneladas nos últimos anos (Kifani, 1998). A Península Ibérica é outra área com elevada abundância de sardinha, com uma média de 100 000 toneladas de sardinha capturada anualmente pela pesca de cerco de Portugal e Espanha (ICES, 2006). Esta espécie apresentou um decréscimo dos valores de desembarques nos anos recentes,

passando de 70 997 toneladas em 2008 para 61 835 toneladas em 2009 (ICES, 2010). A cavala é também uma espécie de grande importância comercial no mundo inteiro, sendo uma das espécies-alvo da pesca de cerco (Collette *et al.*, 1986). As capturas médias anuais em Portugal desta espécie entre 1986 e 2003 foram de 7200 toneladas (Martins, 2007). Nos anos mais recentes, os desembarques de cavala aumentaram, contrariamente aos de sardinha. O ano de 2008 foi o que apresentou os valores mais altos de desembarques desde 1982 com 17 358 toneladas. Em 2010 apresentou valores semelhantes com 16 291 toneladas (DGPA, 2010).

A sardinha distribui-se ao longo da costa atlântica, desde o Canal da Mancha até às Ilhas Canárias e é uma das pescarias tradicionais mais antigas na Península. É o recurso haliêutico mais importante em Portugal também pelas importantes implicações económicas e sociais da sua exploração (Marques, 2005). Esta espécie distribui-se principalmente entre a costa e a batimétrica dos 100 metros. Normalmente as sardinhas juvenis apresentam uma distribuição mais costeira enquanto que os adultos, em especial na época de desova, se encontram mais ao largo (Marques, 2005). A cavala distribui-se no Atlântico Este, desde a costa Africana, Ilhas Canárias e Açores até ao norte da Biscaia. Alguns indivíduos atingem ocasionalmente as ilhas Britânicas, o Mar da Irlanda e a costa da Bélgica. Esta espécie é frequente no Mediterrâneo e na zona sul do Mar Negro (Whitehead *et al.*, 1986). A cavala, assim como outras espécies de peixes pelágicos existentes na costa portuguesa, distribui-se principalmente na plataforma continental, no bordo da plataforma e no talude. Já a sardinha e o biqueirão (*Engraulius encrasicolus*) só apresentam como distribuição a plataforma continental (Marques, 2005).

Em Portugal observam-se com frequência cardumes pelágicos de juvenis de sardinha e de carapau (*Trachurus trachurus*) na mesma área quando existe um bom recrutamento de ambas as espécies (Marques, 2005). A sarda (*Scomber scomber*) (no Norte) e a cavala (no Sul) são também frequentemente pescadas juntamente com a sardinha, pelo que de acordo com Marques (2005) devem coexistir na mesma área. Na série de campanhas acústicas realizadas pelo IPIMAR desde o início dos anos 80 que cobre a plataforma continental portuguesa, entre as batimétricas dos 20 e 200 metros, verificou-se a ocorrência de sardinha e cavala em muitos lanços (Marques, 2005; Zwolinski *et al.*, 2007). A co-ocorrência destas duas espécies é uma situação comum na

costa Sul de Portugal, que representa a região de transição entre a zona dominada por sardinha da costa Oeste e a comunidade pelágica multi-específica do Golfo de Cádiz, onde as sardinhas são frequentemente encontradas misturadas com outras espécies de peixes pelágicos (ICES, 2006b). Também nos cruzeiros demersais efectuados no N/I “Noruega”, a cavala ocorreu na zona Sudoeste (Sector de Lisboa ao de Arrifana) e Sul (Sector de Sagres ao de Vila Real de Sto António), o que é de facto o que acontece ao nível dos desembarques em Portugal Continental (Martins, 1998). A gama de comprimentos dos espécimens de cavala que foram capturados nestes cruzeiros demersais realizados na nossa costa pelo N/I “Noruega” reflecte aproximadamente aquela dos desembarques na arte de arrasto com a captura de indivíduos de maiores dimensões comparativamente á arte de cerco. A gama de comprimentos de cavala no cruzeiro demersal de 1990 era entre 13 cm e 42 cm enquanto que nos desembarques de arrasto de peixe era entre os 18 cm e os 43 cm (Martins, 1998).

A sardinha, tal como a maioria dos clupeídeos, possui dois modos de alimentação e alterna entre os dois, dependendo das condições de alimentação. Geralmente alimenta-se por “filter-feeding” para partículas de alimentos mais pequenas e alimenta-se por “particulate-feeding” para partículas maiores de alimentos (Garrido, 2007). A cavala mantém a capacidade de mudar de um modo de alimentação para outro em adulta (O’Connell & Zweifel 1972), alternando entre eles dependendo da concentração e/ou tamanho das presas disponíveis. No sul da Europa, excluindo os rios e estuários, não existem muitos trabalhos relativos às relações tróficas dos peixes (Cabral & Murta, 2002). Com excepção de alguns trabalhos como o de Cabral & Murta (2002), a maior parte dos estudos efectuados em Portugal sobre alimentação de peixes incidiram sobre apenas uma espécie: *e.g.* *Echiichthys vipera* (Vasconcelos *et al.*, 2004); *Labrus bergylta* (Figueiredo *et al.*, 2005); *Pomatoschistus* sp. (Leitão *et al.*, 2006); *Sardina pilchardus* (Garrido 2008).

Através da análise de conteúdos estomacais, a literatura existente sobre os hábitos alimentares da sardinha europeia sugere que a sua dieta é constituída por presas de fito e zooplâncton em diferentes proporções variando consoante a área. Garrido *et al.* (2008) no seu trabalho efectuado na costa portuguesa verificou que a dieta desta espécie era composta principalmente por zooplâncton (maioritariamente copépodes), dinoflagelados

e diatomáceas. Noutros estudos recentes, copépodes e dinoflagelados apresentaram a maior frequência de ocorrência em estômagos de sardinha colhidos durante a primavera, os copépodes foram as presas mais importantes em termos de biovolume e as diatomáceas dominaram em termos numéricos (Garrido, 2003; Cunha *et al.*, 2005). Silva (1954) considerou os copépodes as presas mais importantes da sardinha ao largo da costa oeste de Portugal, devido à sua alta frequência de ocorrência nos estômagos durante todo o ano, apesar do fitoplâncton ter apresentado uma elevada diversidade de presas e estar também presente em grande número. A maior parte dos autores, para outras regiões do mundo, observou igualmente que a dieta desta espécie era composta principalmente por zooplâncton, nomeadamente em Inglaterra (Hickling, 1945), na zona do Cantábrico e da Galiza (Oliver, 1951; Oliver & Navarro, 1952; Varela *et al.*, 1988, 1990), no Mediterrâneo (Massutí, 1948) e no Adriático (Vučetic, 1963). As análises efectuadas com isótopos estáveis, parecem indicar que as sardinhas obtêm a maior parte das proteínas do músculo a partir do zooplâncton, enquanto que o fitoplâncton fornece materiais de reserva (Bode *et al.*, 2004). Estas análises também apontam para um aumento do consumo de plâncton de menores posições tróficas da cadeia alimentar com o crescimento da sardinha ou seja, com o fitoplâncton a tornar-se cada vez mais importante para as sardinhas mais velhas (Bode *et al.*, 2003). Esses trabalhos indicam que a sardinha é omnívora, com uma dieta muito diversificada que varia geográfica e sazonalmente e com o tamanho dos indivíduos.

Devido à relevância da pescaria de cavala a nível mundial, vários estudos têm sido feitos embora relacionados principalmente com a sua biologia pesqueira. No entanto, informações quantitativas sobre a sua ecologia alimentar são escassos. Dados sobre os hábitos alimentares desta espécie existem através de trabalhos efectuados nas ilhas Canárias (Castro, 1993; Castro & Santana del Pino, 1995), na Turquia, nas zonas costeiras da Africa do Sul (Baird, 1978), no litoral sudoeste do Atlântico (Angelescu, 1979), no mar do Japão, no Peru, no Chile e no litoral da Califórnia (Hernandez & Ortega, 2000). Segundo Stergiou & Karpouzi (2002), existem poucos dados disponíveis sobre os hábitos alimentares quantitativos da cavala no mar Mediterrâneo e alguns autores apresentaram informações qualitativas sobre a sua dieta baseada num número muito limitado de exemplares. No geral, a maior parte destes estudos demonstraram que

nos peixes juvenis, a dieta desta espécie era composta principalmente por zooplâncton, com a ictiofauna a ter uma menor relevância na dieta. No entanto, a importância do zooplâncton na dieta diminui com o aumento do tamanho dos peixes desta espécie passando a ingerir presas de maiores dimensões (Hernandez & Ortega, 2000). A cavala do oceano Pacífico, *Scomber japonicus*, apresenta um padrão ontogénico semelhante com os peixes adultos a alimentarem-se de pequenos peixes, lulas e pequenos crustáceos (Konno *et al.*, 2001). Vários autores (*e.g.* Angelescu, 1979; Castro & Santana del Pino, 1995, Hernandez & Ortega, 2000) verificaram que a dieta de cavala era muito flexível, tanto em número de taxa de presas (com mais de 20 taxa descritas) como em gama de tamanhos das presas (desde 1 mm até 140 mm). Para estes autores, a cavala é uma espécie oportunista, com tendência para a eurifagia ou seja, escolhe o alimento mais abundante em determinada altura. Por outras palavras, é uma espécie planctófaga-carcinófaga ou piscívora (Hernandez & Ortega, 2000). Yasuda (1960) considerou a cavala uma espécie omnívora com hábitos carnívoros quando em adulta.

As populações de pequenos pelágicos são caracterizadas por elevada variabilidade natural (Cury, 2000). Os mecanismos que causam as interações ecológicas de espécies de pequenos pelágicos ainda não são bem compreendidos, mas têm impactos ecológicos e sócio-económicos. A análise dos factores que influenciam a dinâmica das interações comportamentais e ecológicas de pequenos peixes pelágicos em escalas temporais e espaciais é necessária para compreender o seu papel nos ecossistemas costeiros.

Objectivos

Os objectivos deste estudo visam estudar as interações tróficas entre sardinha e cavala visto que ambas partilham espaço e recursos alimentares. Com este trabalho pretende-se analisar a alimentação das duas espécies através da análise de conteúdos estomacais de indivíduos capturados na costa sul portuguesa e também analisar eventuais diferenças nas dietas decorrentes da co-ocorrência das espécies.

A informação obtida melhorará o conhecimento sobre o potencial para competição alimentar entre as duas espécies, uma componente importante para uma abordagem ecossistémica na gestão da pescaria do cerco.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Amostragem

Neste estudo foram utilizadas amostras provenientes da frota de cerco, da armação de pesca ao atum e da frota de arrasto. Efectuaram-se dois tipos de amostragem: amostragem da frota de cerco e amostragem da armação de pesca ao atum/frota de arrasto. Pretendeu-se com estes dois tipos de amostragem analisar as dietas das duas espécies, sardinha e cavala, e alterações na dieta das cavalas de maiores dimensões, em particular avaliar o grau de piscivoria.

1.1. Amostras da frota de cerco

As amostras utilizadas no âmbito do presente trabalho foram obtidas mensalmente nos Portos de Portimão e Olhão desde Junho a Setembro de 2010. As amostras foram constituídas por 100 indivíduos de cada espécie objectivo deste estudo, sardinha e cavala, e eram provenientes de desembarques efectuados por navios de pesca de cerco.

Obtiveram-se 4 tipos diferentes de amostras: amostras de lanços exclusivamente com a presença de sardinha (amostras “PIL single”), exclusivamente com a presença de cavala (amostras “MAS single”) e amostras de lanços com a presença de ambas as espécies (amostras “PIL mixed” e “MAS mixed”). As amostras “PIL mixed” correspondem a sardinhas de lanços com a presença de ambas as espécies. As amostras “MAS mixed” correspondem a cavalas de lanços com a presença de ambas as espécies. A amostragem foi feita no laboratório em fresco, e quando tal não foi possível as amostras foram congeladas para posteriormente serem analisadas.

Tabela 1 - Número de indivíduos amostrados (N), porto e data de desembarque, e análise de conteúdos para cada amostra obtida.

Amostra	N	Porto	Data	Análise de conteúdos
MAS single 1	100	Olhão	22-06-2010	X
MAS single 2	100	Olhão	29-06-2010	
MAS single 3	100	Olhão	15-07-2010	X
MAS single 4	100	Olhão	20-07-2010	
MAS single 5	100	Olhão	24-08-2010	X
MAS single 6	100	Olhão	07-09-2010	X
MAS single - extra	100	Olhão	23-07-2010	
PIL single 0	65	Portimão	01-06-2010	X
PIL single 1	102	Portimão	05-06-2010	
PIL single 2	100	Portimão	24-06-2010	
PIL single 3	91	Portimão	13-07-2010	X
PIL single 4	99	Portimão	22-07-2010	
PIL single 5	100	Olhão	10-08-2010	
PIL single 6	100	Portimão	25-08-2010	X
PIL single 7	100	Portimão	29-09-2010	X
PIL single - extra	100	Portimão	30-06-2010	
PIL+MAS mixed 1	199	Olhão	22-06-2010	X
PIL+MAS mixed 2	200	Olhão	06-07-2010	X
PIL+MAS mixed 3	200	Olhão	05-08-2010	
PIL+MAS mixed 4	200	Olhão	18-08-2010	X
PIL+MAS mixed 5	200	Olhão	01-09-2010	X

1.2. Amostras da armação de pesca ao atum e da frota de arrasto

As amostras foram obtidas desde Junho a Agosto de 2010 e eram constituídas por aproximadamente 60 indivíduos de cavala com comprimento total superior a 24 cm. As amostras foram provenientes de desembarques efectuados em Olhão por navios da armação de pesca ao atum da empresa Tunipex ou em Portimão por navios da frota de arrasto de peixe. O plano inicial de amostragem consistia em obter amostras exclusivamente da armação de pesca mas após as primeiras amostras verificou-se que, pelo facto das cavalas estarem por tempo indeterminado no copo da piscina da arte de pesca, apresentavam maioritariamente os estômagos vazios. Posto isto alterou-se o plano de amostragem, tendo-se começado a obter amostras provenientes de desembarques de navios de arrasto de peixe pois esta arte captura com frequência cavalas com comprimento total superior a 24 cm. A amostragem foi feita preferencialmente em fresco no laboratório tendo-se optado por congelamento quando não foi possível este tipo de amostragem.

Tabela 2 - Número de indivíduos amostrados (N), porto, data de desembarque e arte de pesca para cada amostra obtida.

Amostra	N	Porto	Data	Arte de pesca
Mbig 0	20	Olhão	01-06-2010	Armação
Mbig 1	52	Olhão	14-06-2010	Armação
Mbig 2	60	Olhão	29-06-2010	Armação
Mbig 3	59	Portimão	26-07-2010	Arrasto
Mbig 4	55	Portimão	23-08-2010	Arrasto

2. Procedimento laboratorial

2.1 Procedimento laboratorial geral

No laboratório separaram-se os indivíduos por classes de comprimento de 1 cm para a cavala e de 0,5 cm para a sardinha registando o número de indivíduos por classe. Para as medições efectuadas utilizou-se uma balança com precisão de 0,01 g para registar os pesos e um ictiómetro com 0,1 cm de precisão para registar os comprimentos. De cada

exemplar foi registado o comprimento total (distância máxima, em centímetros, entre a ponta do focinho e o ponto mais recuado do complexo caudal), peso total (peso fresco, em gramas, do corpo não eviscerado), peso eviscerado (peso fresco, em gramas, do corpo, após remoção dos órgãos internos), sexo, grau de enchimento do estômago (segundo uma escala com 4 níveis descrita por Garrido, 2008b (Tabela 3). As escalas referidas acima foram desenvolvidas para descrever os estômagos de sardinha e neste trabalho foram também adaptadas para os estômagos de cavala.

Tabela 3 – Graus de enchimento adaptada da escala proposta por Cunha *et al.*, (2005)

Grau de enchimento	Descrição
1	Estômago vazio
2	Estômago com algum conteúdo
3	Estômago cheio
4	Estômago "bursting" (a rebentar)

2.2 Procedimento laboratorial para análise dos conteúdos estomacais

2.2.1. Amostras da frota de cerco

Foi calculada a percentagem de indivíduos de cada classe de comprimento na captura. Estabeleceu-se como o número de estômagos a analisar por amostra 20. Estes foram obtidos de acordo com a distribuição por classes. Do total de estômagos de cada classe de comprimento seleccionaram-se os estômagos com algum conteúdo aleatoriamente. Em algumas amostras não existiam 20 estômagos com conteúdo. O tubo digestivo de cada exemplar foi removido e congelado num saco individual previamente identificado com o registo da espécie, data de recolha da amostra, comprimento total, nº de observação e nº de lanços para posterior análise dos conteúdos.

Os tubos digestivos armazenados de cada amostra (PIL single, MAS single, PIL mixed e MAS mixed) foram aleatoriamente divididos em 2 sub-amostras, constituídas por 6 a 10 estômagos, dependendo do número total recolhido por amostra. O tubo digestivo de cada indivíduo foi descongelado, foi retirada a gordura, removido o esófago e o estômago pilórico ficando apenas o estômago cardíaco. O estômago cardíaco foi pesado, sendo

seguidamente aberto e os conteúdos retirados e pesados assim como o estômago vazio. Utilizou-se uma balança com precisão de 0,0001 g para registar os pesos. Cada sub-amostra, constituída por 6 a 10 conteúdos, foi diluída num volume conhecido de água destilada (200 ml), obtendo-se um homogenato. Após esta operação, o homogenato foi filtrado através de um crivo de 150 µm. À porção retida neste crivo foi adicionada água, por forma a perfazer novamente 200 ml. Deste volume foram retirados 2.5 ml ou múltiplos para uma câmara de contagem (dependendo este valor da concentração do homogenato). As presas foram identificadas e contabilizadas através de uma lupa binocular Olympus 12 SZX.

Estabeleceu-se 100 presas como mínimo para caracterizar cada sub-amostra. A identificação taxonómica das presas foi realizada com recurso aos manuais de identificação Rose (1933), Trégouboff & Rose (1957) e Smith & Johnson (1997).

Para facilitar o tratamento e interpretação dos dados referentes à dieta das duas espécies, os organismos identificados nos conteúdos estomacais foram considerados em grupos de acordo com as respectivas posições taxonómicas e o detalhe possível na identificação. Foram assim estabelecidas 12 categorias (ver lista seguinte). A matriz de dados contém 27 amostras x 12 itens.

Copepoda_ni - Crustáceos da subclasse Copepoda não identificados
Calanoida - Copepoda da Ordem Calanoida
Cyclopoida - Copepoda da Ordem Cyclopoida
Harpaticoida - Copepoda da Ordem Harpaticoida
Cladocera - Crustacea da sub-ordem Cladocera
Crustacea_egg - Ovos de Crustáceos diversos
Cirripeda_lrv - Formas larvares de Crustacea da Infra-classe Cirripedia
Amphipoda - Crustacea da ordem Amphipoda
Crustacea_lrv - Formas larvares de Crustacea da super-ordem Eucarida
Gastropoda_lrv - Formas larvares de Mollusca da Classe Gastropoda
Bivalvia_lrv - Formas larvares de Mollusca da Classe Bivalvia

2.2.2. Amostras da armação de pesca ao atum e da frota de arrasto

Para cada indivíduo amostrado, foi retirada a gordura do tubo digestivo, removido o esôfago e o estômago pilórico ficando apenas o estômago cardíaco. Seguidamente o estômago cardíaco foi aberto numa placa de Petri e verificou-se se existia presença de ictiofauna e/ou crustáceos nos conteúdos estomacais. Anotou-se a presença/ausência de ictiofauna e/ou crustáceos com 1 e 0.

3. Análise dos dados – Caracterização e sobreposição de dietas

3.1. Comparação de escalas de enchimento

Para verificar a existência ou não de diferenças significativas entre o número de estômagos em cada grau de enchimento nas amostras de lances só com uma espécie (“single”) e nas amostras de lances com a presença das duas espécies (“mixed”) optou-se por criar uma tabela de contingência. Juntaram-se os graus de enchimento “cheio” e “bursting”, da escala utilizada anteriormente, numa só categoria “cheio” na tabela de contingência para facilitar a análise e por estes dois graus de enchimento serem os mais semelhantes. A tabela de contingência foi do tipo 2 x 2 x 3 com as duas espécies, os dois tipos de lanços e três graus de enchimento (“vazio”, “com algum conteúdo” e “cheio”). O teste exacto de Fisher foi utilizado para comparação das duas variáveis categóricas ordinais em cada espécie tendo-se adoptado um valor de $p < 0,05$ para significância estatística. Os testes foram efectuados com recurso ao software SAS.

3.2. Índices de caracterização trófica

Embora exista uma enorme diversidade de procedimentos aplicados para avaliar a relevância dos diferentes componentes da dieta, nenhuma das metodologias existentes dá uma imagem completa ou realista do espectro alimentar e da contribuição relativa dos vários constituintes (Eliassen & Jobling, 1985). Não obstante os métodos que se baseiam em dados de natureza ponderal, numérica ou de ocorrência, são os mais frequentemente utilizados (Cabral, 1998). Por esse motivo, no presente trabalho a caracterização dos conteúdos estomacais das duas espécies foi essencialmente baseada nos seguintes índices (Assis, 1992):

Índice de ocorrência (IO):

$$IO_i = (\text{n}^\circ \text{ de estômagos com ocorrência da presa } i / \text{n}^\circ \text{ de estômagos com conteúdo}) \times 100$$

Índice numérico (IN):

$$IN_i = (\text{n}^\circ \text{ de presas } i / \text{n}^\circ \text{ total de presas}) \times 100$$

A quantificação da diversidade através de índices permite de uma forma sistemática analisar e comparar diferentes amostras. Para o efeito, foi calculado o índice de diversidade de Shannon-Wiener.

Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') – é o índice mais utilizado para medir diversidade (Clarke & Warwick, 2001), onde pi é a proporção de indivíduos da espécie i . Baseia-se na proporção das abundâncias das espécies, tendo em conta a equitabilidade e a riqueza específica:

$$H' = - \sum_i pi \log (pi)$$

3.3. Índice de Horn para sobreposição de dietas

Determinou-se igualmente o grau de sobreposição de dieta das duas espécies, comparando a sobreposição para todos os tipos de lanços. Dos dois tipos de índices que permitem averiguar a semelhança dos diferentes espectros alimentares, os índices assimétricos e os simétricos, os últimos são utilizados com maior frequência (Krebs, 1989). Índices simétricos são índices onde a sobreposição da espécie 1 sobre a espécie 2 é equivalente à sobreposição da espécie 2 sobre a espécie 1. O método da percentagem de similaridades, é o mais popular (Hurlbert, 1987; Abrams, 1980; Linton *et al.*, 1981) mas parte das evidências apontadas para ressaltar a sua fidedignidade são comprovadamente incorrectas (Krebs, 1989). Como tal elegeu-se o Índice de Horn para efectuar as respectivas análises de sobreposição trófica em vez do Índice de Morisita porque, segundo Caillet & Barry (1979), este último pondera exageradamente os itens dominantes, contrariamente ao Índice de Horn.

Índice de Horn (R_o):

$$R_o = \sum (p_{ij} + p_{ik}) \ln (p_{ij} + p_{ik}) - \sum p_{ij} \ln p_{ij} - \sum p_{ik} \ln p_{ik} / 2 \ln 2$$

Onde p_{ij} e p_{ik} representam as proporções do item alimentar i na dieta das espécies j e k , respectivamente. Segundo Wallace (1981) e Wallace & Ramsey (1983), sempre que o índice de Horn é superior a 0,60 considera-se a existência de sobreposição de dietas.

3.4. Comparação de dietas através de análise multivariada: 2 factores, espécie e tipo de lanço

Para se determinar se a alimentação das duas espécies variava em função do factor “espécie” ou do factor “tipo de lanço”, as amostras foram classificadas tendo em conta a espécie e o facto de serem amostras de lanços só com uma espécie (“single”) ou com as duas espécies presentes (“mixed”) (*e.g.* “PIL single 6” e “PIL mixed 6; “MAS 8 single”, MAS 8 mixed”) o número refere-se ao mês da colheita da amostra.

Os dados organizados por amostras foram seguidamente convertidos em matrizes de similaridade simétrica, utilizando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis, sobre os dados transformados através da raiz quadrada de modo a retirar importância às espécies mais abundantes (Clarke & Warwick, 2001).

A ordenação multivariada foi efectuada através de MDS (ordenação multi-dimensional não métrica). O MDS é um tipo de análise que fornece uma projecção das unidades de amostragem dispostas em mapas não métricos de duas dimensões, com as distâncias entre as unidades de amostragem de acordo com o seu grau de similaridade. A análise MDS possui uma aplicabilidade geral e é considerada uma das melhores técnicas de análise multivariada (Clarke & Warwick, 2001).

Utilizou-se também o método de percentagens de similaridades (SIMPER) para determinar quais os itens alimentares que contribuíam mais para a similaridade da dieta das duas espécies pelágicas dentro de cada um dos factores atrás referidos e também para identificar quais os que contribuíam mais para a dissimilaridade entre os diferentes factores.

Para testar diferenças na dieta das duas espécies em situação “single” (lanços com uma espécie) e “mixed” (lanços com as duas espécies), procedeu-se a uma análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) a 2 factores (Espécies e Tipo de lanço). (Anderson, 2001; McArdle & Anderson, 2001). Este procedimento estatístico é adequado para testar a resposta simultânea de uma ou mais variáveis a um ou mais factores em análise de variância (ANOVA), usando métodos de permutações (Anderson, 2001; McArdle & Anderson, 2001).

A PERMANOVA foi do tipo teste geral, com permutação de resíduos de um modelo reduzido, sendo realizadas no máximo 999 permutações, com teste de permutações de Monte Carlo. Seguidamente, a posteriori para cada um dos factores atrás descritos, foram realizadas comparações do tipo “pairwise test”, com permutação de resíduos de um modelo reduzido, sendo realizadas no máximo 999 permutações, com teste de permutações de Monte Carlo.

Para a análise multivariada, utilizou-se o programa informático PRIMER 6.0 & PERMANOVA (Anderson & Gorley, 2007)

RESULTADOS

1. Características biológicas gerais da sardinha e da cavala

1.1. Sardinha e cavala capturadas com arte de cerco

Ao longo do trabalho foram recolhidas 21 amostras de lances efectuados entre Junho e Setembro, por navios de pesca com a arte de cerco ao largo da costa do Algarve. Destas 21 amostras, 9 amostras correspondiam a lances só com sardinha (“PIL single”), 7 correspondiam a lances só com cavala (“MAS single”) e as restantes 5 amostras correspondiam a lances com a presença de ambas as espécies (“PIL mixed” e “MAS mixed”). As amostras “PIL mixed” correspondem a sardinhas de lances com a presença de ambas as espécies e as amostras “MAS mixed” correspondem a cavalas de lances com a presença de ambas as espécies. Foram amostrados 2556 indivíduos no total, com 1356 indivíduos pertencentes a sardinha e 1200 indivíduos a cavala. Nas figuras 1 e 2 estão representadas as distribuições de frequências dos comprimentos para as duas espécies alvo deste estudo, com a cavala a apresentar uma gama de comprimentos totais com tamanhos superiores aos da sardinha.

De sardinha, foram amostrados 1356 indivíduos, com comprimento total (Lt) entre 11,8 cm e 22,8 cm (média de $19,0 \pm 1,9$ cm) e com peso total (Wt) entre 13,5 g e 96,8 g (média de $59,9 \pm 15,1$ g) (Tabela 1).

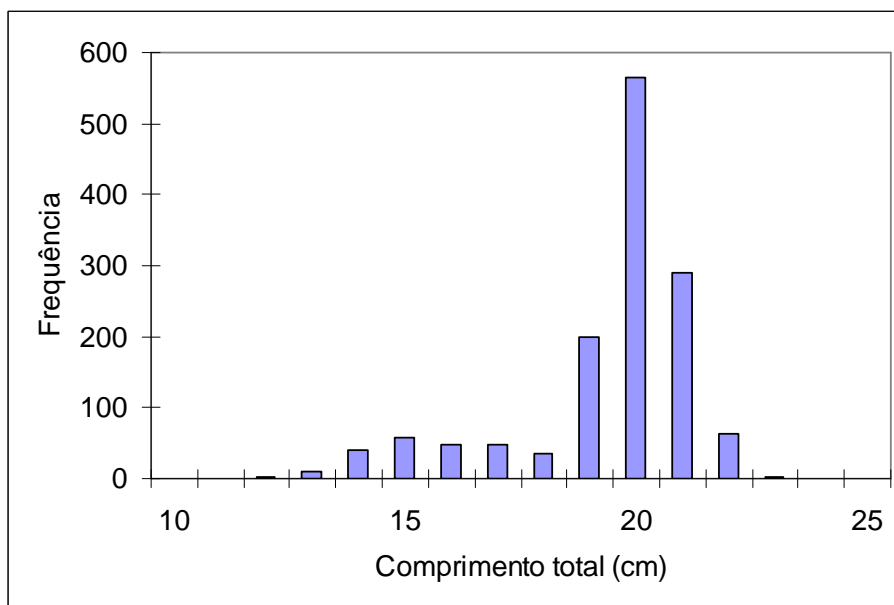


Figura 1 – Distribuição de frequências absolutas de comprimentos totais (Lt) de sardinha capturada por navios de pesca com arte de cerco, N=1356.

De cavala, foram amostrados 1200 indivíduos, com comprimento total entre 16,2 cm e 30,6 cm (média de 22.9 ± 2.4 cm). Foram pesados 1192 exemplares com peso total entre 32,1 g e 233,8 g (média de $96,9 \pm 32,1$ g).

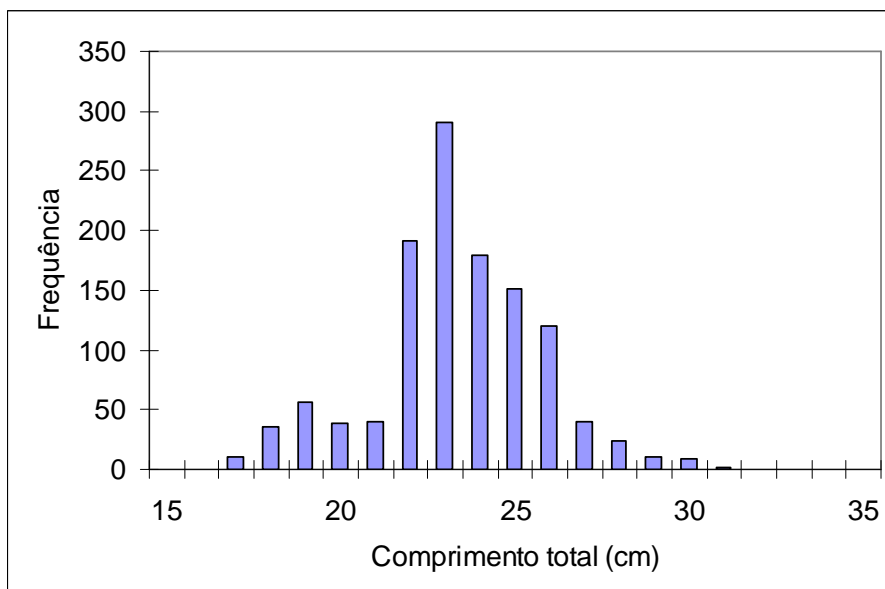


Figura 2 – Distribuição de frequências absolutas de comprimentos totais (Lt) de cavala capturada por navios de pesca com arte de cerco, N=1200.

Tabela 1 – Valores mínimos, máximos e médios de comprimento e peso total (com os respectivos desvios padrões) obtidos para cada espécie, sardinha e cavala.

	Lt (cm)		Wt (g)	
	sardinha	cavala	sardinha	cavala
Mínimo	11,8	16,2	13,5	32,1
Máximo	22,2	30,6	96,8	233,8
Média	19,0	22,9	59,9	96,9
Desvio Padrão	1,9	2,4	15,1	32,1
N	1356	1200	1356	1192

1.2. Cavalas recolhidas na armação de atum e por pesca de arrasto

Foram recolhidas, entre Junho e Setembro, 5 amostras de cavala, em que 3 correspondiam a amostras de capturas da armação de pesca ao atum e 2 de arrastos de peixe. No total, foram amostrados 246 exemplares, com comprimento total entre 21,6 cm e 48,3 cm (média de $28,5 \pm 4,3$ cm) e com peso total entre 76,5 g e 905,3 g (média de $206,5 \pm 118,2$ g) (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores mínimos, máximos e médios de comprimento e peso total (com os respectivos desvios padrões) obtidos para a cavala.

	Lt (cm)	Wt (g)
Mínimo	21,6	76,5
Máximo	48,3	905,3
Média	28,5	206,5
Desvio Padrão	4,3	118,2
N	246	246

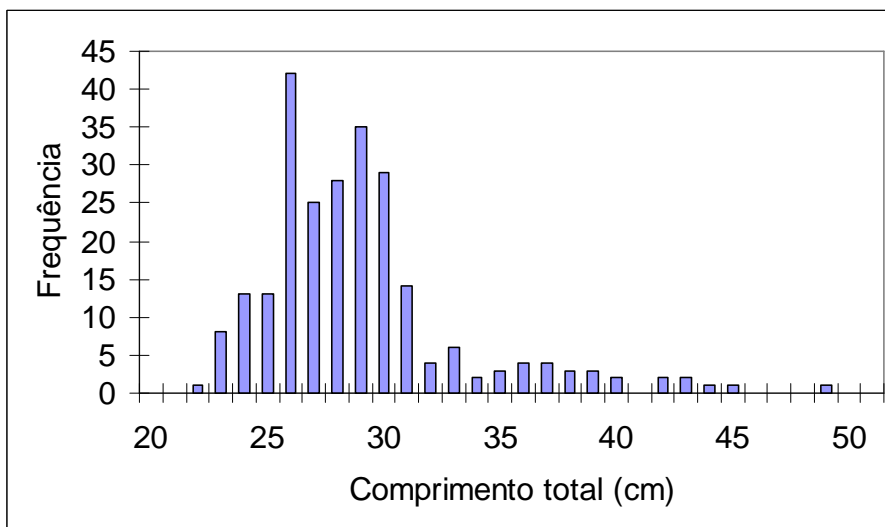


Figura 3 – Distribuição de frequências absolutas de comprimentos totais (Lt) de cavala capturada pelas artes de armação de pesca ao atum e arrasto de peixe, N=246.

Do total de 246 exemplares analisados, 101 estômagos não continham alimento, representando 41% dos indivíduos analisados. A percentagem de estômagos com algum conteúdo foi 16% (40 estômagos) enquanto que percentagem de estômagos cheios foi mais elevada representando 43% do total (105 estômagos). A análise efectuada aos estômagos não revelou nenhum indivíduo com o estômago com o nível “bursting”, ou seja, a rebentar (Figura 4).

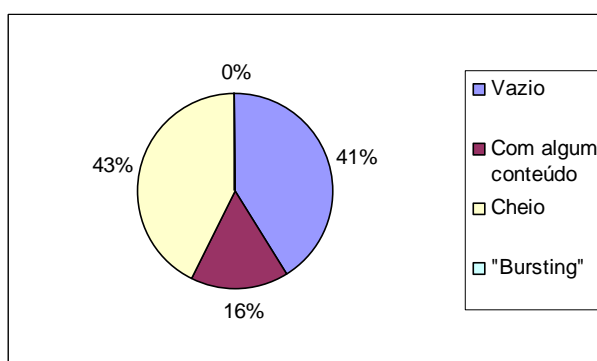


Figura 4 – Percentagem de estômagos por grau de enchimento atribuído (vazio, com algum conteúdo, cheio e “bursting”) de cavala capturada pelas artes de armação de pesca ao atum e arrasto de peixe, N=246.

1.3. Mudança ontogenética da dieta da cavala

Para a análise macroscópica da ocorrência de peixe e de crustáceos nos conteúdos estomacais de cavala foram analisados 428 exemplares com comprimento total entre 16,2 cm e 48,3cm (média de $26,2 \pm 4,5$ cm) (Figura 5). Estes exemplares correspondiam a indivíduos capturados pelas três artes de pesca presentes neste estudo: cerco, armação de pesca ao atum e arrasto de peixe. Observou-se um aumento do número de estômagos com restos de peixe e de crustáceos à medida que o comprimento total dos indivíduos também aumentava, apesar do zooplâncton ser sempre dominante em todas as classes de comprimento. A ausência de peixe/crustáceos nas classes de comprimentos maiores pode dever-se a ter sido amostrado um número reduzido de indivíduos pertencentes a estas classes.

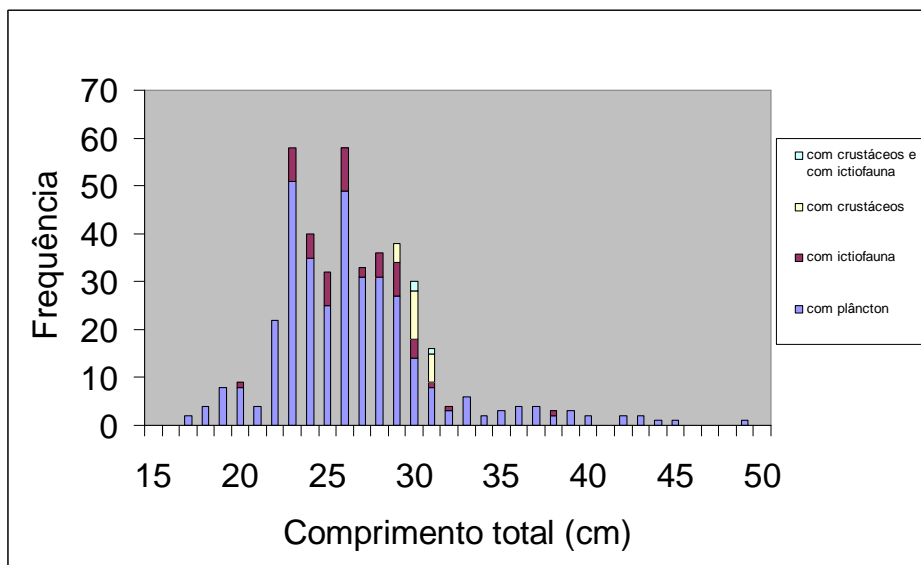


Figura 5 – Distribuição de frequências absolutas de comprimentos totais (Lt) de cavala e respectivo número de estômagos com ictiofauna e com crustáceos em cada classe de comprimento, N=428.

2. Caracterização geral das dietas

Nos pontos seguintes do presente estudo foram utilizadas exclusivamente amostras provenientes da frota de cerco.

2.1. Grau de enchimento dos estômagos

A maioria dos indivíduos de sardinha, 57% (772 estômagos) apresentou estômagos vazios. Os estômagos com algum conteúdo representaram 19% (254 estômagos). Os estômagos cheios foram 21% do total (291 estômagos) e os estômagos “bursting” representaram apenas 3% (39 estômagos) (Figura 6). Na cavala, o número de estômagos vazios foi mais reduzido do que na sardinha com apenas 6% (68 estômagos) dos 1200 indivíduos amostrados. A percentagem mais elevada foi a dos estômagos com algum conteúdo com 41% (498 indivíduos) do total. Os estômagos cheios representaram 36% (426 indivíduos) e os estômagos “bursting” foram 17% (208 indivíduos) do total (Figura 6).

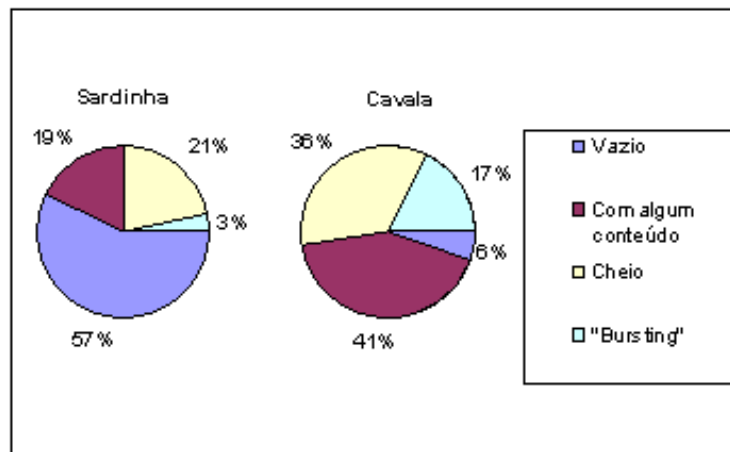


Figura 6 – Percentagem de estômagos por grau de enchimento atribuído (vazio, com algum conteúdo, cheio e “bursting”) de sardinhas (N=1356) e cavalas (N=1200) capturadas por navios de pesca com arte de cerco.

2.2. Análise da composição da dieta das duas espécies, sardinha e cavala

Do total de 259 conteúdos estomacais analisados à lupa, 97 eram pertencentes a sardinha e 162 a cavala. A composição detalhada dos conteúdos das duas espécies encontra-se na Tabela 3. Uma observação qualitativa à lupa permitiu verificar que os organismos com dimensões menores do que 150 μm , inclusivamente o fitoplâncton, eram em número negligenciável.

No geral, os valores dos índices de ocorrência e numérico dos diversos itens alimentares, permitem comparar a dieta das duas espécies em estudo e quais as presas mais importantes para cada uma delas. Os resultados da análise dos conteúdos estomacais indicam que ambas as espécies tiveram copépodes como presa principal, tanto em termos de frequência de ocorrência como em abundância.

Na dieta da sardinha, a presa mais numerosa foram os copépodes da ordem Cyclopoida (72,8%). A segunda presa mais numerosa foram os copépodes da ordem Harpacticoida e também os copépodes não identificados, ambos com 9,2%. Estes itens em conjunto com os copépodes da ordem Calanoida assumiram-se como as presas mais importantes numericamente, e também apresentaram um domínio em termos de frequência de ocorrência, com todas estas presas a apresentarem 100% de ocorrência.

A dieta da cavala, em termos numéricos, também teve como principal presa os copépodes da ordem Cyclopoida (42,2%) mas com um menor relevância do que na sardinha. A segunda presa mais numerosa foram os cladocera (20,6%) e em terceiro os copépodes da ordem Calanoida (18,6%). Todos os agrupamentos de copépodes ocorreram em todos os estômagos analisados (100%), com exceção para os copépodes da ordem Harpacticoida que apenas ocorreram em 75%. A cavala apresentou valores de índices de ocorrência mais elevados para os restantes itens identificados do que a sardinha, e apenas um item, as larvas de crustáceo, apresentou um valor ligeiramente inferior. Os ovos de peixes e crustáceos e as larvas de crustáceos mostraram uma frequência moderada nos estômagos das duas espécies embora uma reduzida importância numérica. A aplicação do índice de Shannon-Wiener à dieta das duas espécies revelou que ambas registaram valores de diversidade muito semelhantes embora o desvio padrão tenha sido superior no índice aplicado à dieta da sardinha (Tabela 3).

Tabela 3 – Importância relativa dos diferentes grupos de presas na dieta das duas espécies, sardinha e cavala, de acordo com os dois índices utilizados (IO - índice de ocorrência; IN - índice numérico). Refere-se ainda o número de conteúdos estomacais analisados com conteúdo (N) e o índice de Shannon-Wiener (H') aplicado à dieta das duas espécies com o respectivo desvio padrão.

	Sardinha		Cavala	
	IO	IN	IO	IN
Copepod_ni	100,0	9,2	100,0	4,5
Calanoida	100,0	5,2	100,0	18,6
Harpacticoida	100,0	9,2	75,0	3,0
Cyclopoida	100,0	72,8	100,0	42,2
Fish_egg	45,5	0,5	68,8	3,4
Crustacea_egg	36,4	0,4	68,8	6,5
Cirripodea_Irv	27,3	1,1	31,3	0,3
Amphipoda	0,0	0,0	6,3	0,0
Crustacea_Irv	45,5	0,4	37,5	0,6
Gastropoda_Irv	9,1	0,1	12,5	0,0
Bivalvia_Irv	9,1	0,0	18,8	0,2
Cladocera	45,5	1,1	56,3	20,6
N	97		162	
H' (\pm desvio padrão)	1.03 \pm 0.39		1.02 \pm 0.23	

3. Comparações das dietas relativamente aos dois factores, espécie e tipo de lanço

3.1. Grau de enchimento dos estômagos

Analisando os graus de enchimento dos estômagos de sardinha, constatou-se que os exemplares em lanços do tipo “mixed” apresentaram um valor de percentagem muito elevado de estômagos vazios (80%) quando comparado com o valor dos exemplares em lanços do tipo “single” (43%). A percentagem de estômagos com algum conteúdo foi

semelhante nos dois tipos de lanços (“single” com 20% e “mixed” com 17%). A percentagem de estômagos cheios foi bastante mais elevada para os lanços “single” (32%) do que para os lanços “mixed” (3%). É de notar que o número de indivíduos utilizado na análise dos graus de enchimento foi diferente nos dois tipos de lanços: “single” (N=857) e “mixed” (N=499) (Figura 7).

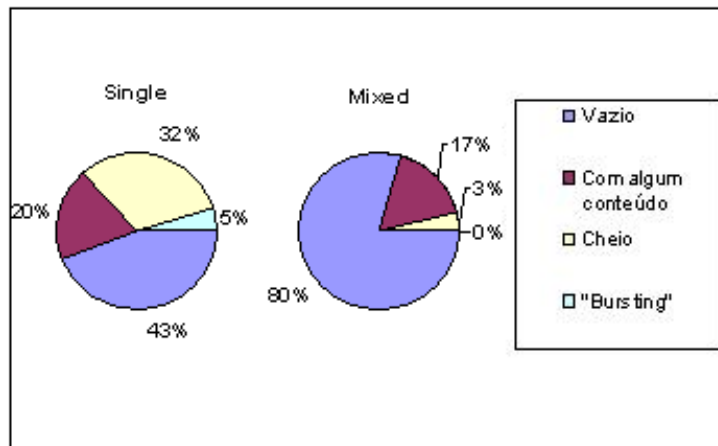


Figura 7 – Percentagem de estômagos por grau de enchimento atribuído (vazio, com algum conteúdo, cheio e “bursting”) das sardinhas provenientes de lanços “single”, N=857, e “mixed”, N=499.

A cavala mostrou percentagens muito similares para os diferentes graus de enchimento dos estômagos nos dois tipos de lanços. De facto, a única diferença superior a 3% foi nos estômagos cheios com os lanços “single” a apresentarem uma percentagem de 37% e os lanços “mixed” a apresentarem uma percentagem de 33%. Nesta espécie, ambos os lanços tiveram os valores mais elevados nos estômagos com algum conteúdo (“single” com 42% e “mixed” com 41%), enquanto que os estômagos vazios tiveram as percentagens mais baixas (“single” com 5% e “mixed” com 7%). Também nesta espécie o número de indivíduos utilizado na análise dos graus de enchimento foi diferente nos dois tipos de lanços: “single” (N=700) e “mixed” (N=500) (Figura 8).

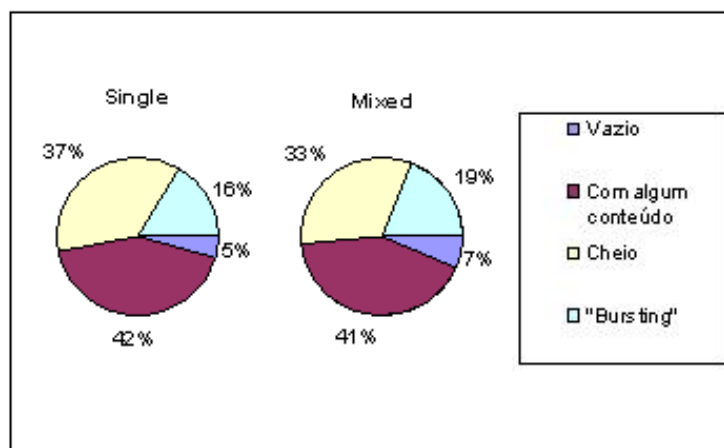


Figura 8 – Percentagem de estômagos por grau de enchimento atribuído (vazio, com algum conteúdo, cheio e “bursting”) das cavalas provenientes de lanços “single”, N=700, e “mixed”, N=500.

Na sardinha, os resultados do teste exacto de Fisher revelaram a existência de diferenças significativas ($p = 5,9E-60$) nos dois tipos de lanços, “single” e “mixed”, relativamente aos graus de enchimento. Já na cavala, os resultados do teste exacto de Fisher revelaram que não existiam diferenças significativas entre os lanços do tipo “single” e do tipo “mixed” (Tabela 4).

Tabela 4 – Resultados do teste exacto de Fisher relativo à comparação dos três graus de enchimento entre os lanços do tipo “single” e do tipo “mixed” para cada espécie (sardinha e cavala).

	Espécie	Probabilidade	<i>p</i>
Single vs Mixed	Sardinha	5.836E-60	1.464E-57
	Cavala	0.0012	0.2413

3.2) Análise da composição da dieta das duas espécies, sardinha e cavala, por tipo de lanço

No geral (Tabela 5), os valores dos índices de ocorrência e numérico permitiram verificar algumas diferenças na dieta das duas espécies para cada tipo de lanço. Além dos itens já referidos como os mais relevantes para o total de estômagos, as formas larvares de crustáceos foram um item que apresentou valores elevados de ocorrências nas amostras de sardinha “PIL single” enquanto que nas amostras “PIL mixed” os cladóceros e os ovos de peixe foram os que apresentaram os maiores valores. Na cavala, destacam-se também os valores elevados de ocorrência dos ovos de crustáceos e dos cladóceros.

Numericamente os copépodes da ordem Calanoida foram o segundo item mais importante nas amostras “MAS single” enquanto que os cladóceros foram o segundo mais importante nas amostras “MAS mixed”.

Tabela 5 – Importância relativa dos diferentes grupos de presas nos quatro tipos de amostras (“PIL single”, “MAS single”, “PIL mixed” e “MAS mixed”) de acordo com os dois índices utilizados (IO - índice de ocorrência; IN - índice numérico). Refere-se ainda o número de conteúdos estomacais analisados com conteúdo (N) e percentagem de estômagos vazios.

	PIL single		MAS single		PIL mixed		MAS mixed	
	IO	IN	IO	IN	IO	IN	IO	IN
copepod_ni	100,0	9,1	100,0	5,5	100,0	9,6	100,0	3,9
calanoida	100,0	5,2	100,0	30,9	100,0	5,2	100,0	10,8
harpacticoida	100,0	8,6	87,5	5,3	100,0	12,6	62,5	1,7
cyclopoida	100,0	76,0	100,0	51,6	100,0	57,0	100,0	36,4
fish_egg	33,3	0,3	50,0	1,2	60,0	1,0	87,5	4,8
crustacea_egg	33,3	0,2	75,0	2,7	40,0	1,2	62,5	8,9
cirripedia_lrv	16,7	0,1	50,0	0,6	40,0	6,2	12,5	0,1
amphipoda	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
crustacea_lrv	66,7	0,4	50,0	0,9	20,0	0,4	25,0	0,4
gastropoda_lrv	0,0	0,0	25,0	0,1	20,0	0,3	0,0	0,0
bivalvia_lrv	16,7	0,1	12,5	0,1	0,0	0,0	25,0	0,2
cladocera	16,7	0,1	37,5	0,9	80,0	6,5	75,0	32,8
N	53		82		44		80	
% estômagos vazios	43,6		4,7		79,8		7,0	

A disposição das amostras em termos de dieta está representada na ordenação multi-dimensional não métrica (MDS) efectuada a partir da matriz de abundâncias para as diversas presas (espécie e tipo de lanço estão representadas com diferentes símbolos) (Figura 9). Esta análise apresentou um coeficiente de stress médio ($S = 0,13$), o que significa uma representação entre o bom ($S = 0,10$) e o razoável ($S = 0,20$) (Clarke & Warwick, 2001). Como se pode visualizar na figura 9, as várias amostras de cada espécie, assim como as de cada tipo de lanço, apresentam alguma separação espacial embora com alguma sobreposição. É de realçar a maior segregação visual entre as duas espécies comparativamente com os dois tipo de lanço. É também visível no MDS uma menor proximidade dos pontos das duas espécies no grupo “single” do que no grupo “mixed”.

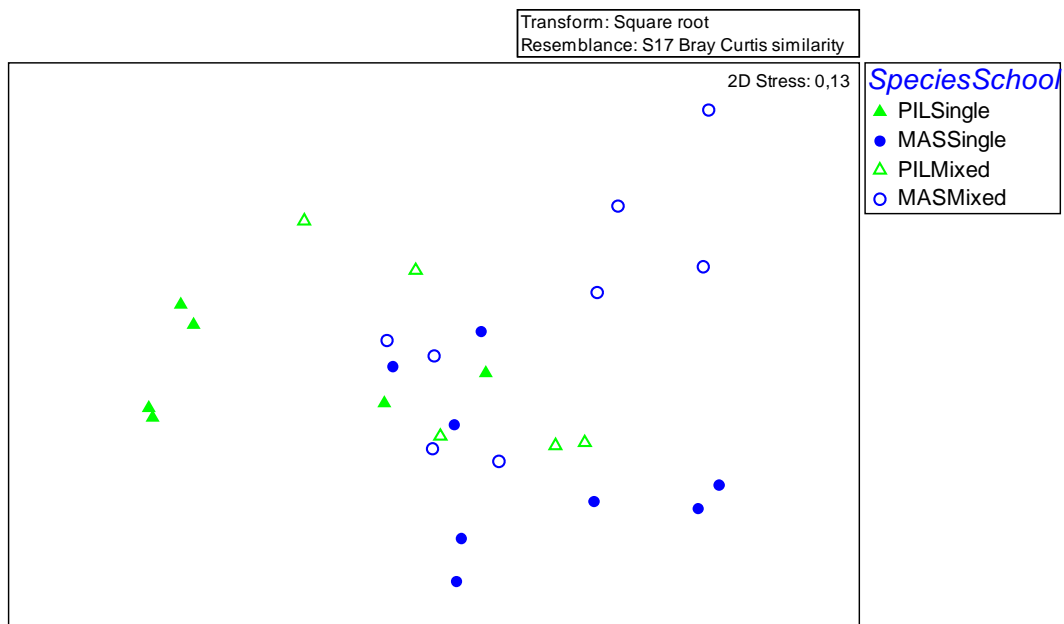


Figura 9 - Análise espacial multi-dimensional (MDS) para as diferentes amostras realizada a partir das abundâncias de cada item alimentar com análise do factor espécie (“PIL” e “MAS”) e tipo de lanço (“single” e “mixed”).

Utilizando a análise das percentagens de similaridade “SIMPER” conseguem-se distinguir quais os grupos de presas que tiveram maior contribuição para as diferenças dos dois factores, espécie e tipo de lanço. Através desta análise constatou-se que os exemplares de sardinha e de cavala apresentaram uma dieta relativamente homogénea em termos de composição (57,9% e 56,5% de similaridade média, respectivamente) (Tabela 6). Níveis semelhantes de homogeneidade foram detectados igualmente na composição das dietas dos lanços “single” e dos lanços “mixed” (53,6% e 57,5% de similaridade média, respectivamente) (Tabela 7).

Foi possível observar ainda que os Cyclopoida são o grupo que mais contribuiu para a similaridade nas duas espécies tendo a sua contribuição sido relativamente alta (47,7% na sardinha e 41,5% na cavala). No conjunto, os copépodes contribuírem com 94,4% das similaridades encontradas na sardinha e com 85,0% das similaridades encontradas na cavala. É ainda de referir o facto de serem necessárias mais itens (6) para explicar 94% da variação da dieta da cavala do que as necessárias (4) para a sardinha, indicando assim

uma menor dominância relativa dos diferentes itens alimentares na dieta de cavala (Tabela 6).

Em termos de análise das percentagens de similaridade (SIMPER) para as amostras “single” e “mixed”, verificou-se que é também o grupo Cyclopoida que mais contribui para a homogeneidade nos dois tipos de lanços, com contribuições sempre superiores a 40%. Também neste factor, tipo de lanço, os copépodes apresentaram as contribuições mais elevadas. São de realçar os cladóceros que tiveram especial importância nas amostras “mixed” com uma contribuição de 10% para as similaridades deste grupo (Tabela 7).

De acordo com a análise SIMPER os itens da dieta que mais contribuem para as similaridades entre as duas espécies e entre os dois tipos de lanços são os copépodes, representando sempre a maior parte do valor acumulativo da similaridade.

Os grupos Cyclopoida, Calanoida, copépodes não identificados, e Harpacticoida são os que melhor caracterizaram as referidas dietas, e na globalidade são os itens mais frequentes e abundantes nas duas espécies e nos dois tipos de lanços.

Tabela 6 - Contribuição relativa de cada item da dieta para a similaridade em cada espécie amostrada. Para cada espécie a percentagem de similaridade é apresentada entre parêntesis. “Abundância média” é a % de abundância média, “Sim med” a similaridade média, “Sim/SD” é a similaridade/desvio padrão, “Contrib%” é a % de contribuição relativa de cada espécie e “Cum.%” a % cumulativa. Apresentam-se as espécies por ordem decrescente de Contrib%.

Factor	Item	Abundância média	Sim med	Sim sd	Contrib %	Cum. %
PIL (57,9%)	Cyclopoida	20,0	27,6	3,1	47,7	47,7
	copepod_ni	7,5	11,2	2,5	19,3	67,1
	calanoida	5,6	9,1	3,3	15,7	82,7
	harpacticoida	6,6	6,7	1,6	11,6	94,4
MAS (56,5%)	Cyclopoida	8,4	23,4	2,5	41,5	41,5
	calanoida	5,3	12,9	2,3	22,8	64,3
	copepod_ni	2,9	8,6	3,3	15,1	79,4
	harpacticoida	1,9	3,1	1,0	5,5	85,0
	cladocera	3,6	2,7	0,4	4,8	89,8
	crustacea_egg	2,1	2,4	0,7	4,3	94,0

Tabela 7 - Contribuição relativa de cada item da dieta para a similaridade em cada tipo de lanço amostrado. Para cada tipo de lanço, Single e Mixed, a percentagem de similaridade é apresentada entre parêntesis.”Abundância média” é a % de abundância média, “Sim med” a similaridade média, “Sim/SD” é a similaridade/desvio padrão, “Contrib%” é a % de contribuição relativa de cada espécie e “Cum.%” a % cumulativa. Apresentam-se os itens por ordem decrescente de Contrib%.

Factor	Item	Abundância média	Sim med	Sim sd	Contrib %	Cum. %
Single (53,6%)	cyclopoida	16,2	24,1	2,7	45,1	45,1
	calanoida	6,2	10,7	1,9	20,1	65,1
	copepod_ni	5,8	8,8	2,3	16,5	81,6
	harpacticoida	4,9	5,3	1,4	9,9	91,5
Mixed (57,5%)	cyclopoida	9,9	23,8	2,1	41,5	41,5
	calanoida	4,5	12,1	2,9	21,1	62,6
	copepod_ni	3,7	8,5	3,1	14,8	77,4
	cladocera	5,2	5,7	0,7	10,0	87,3
	harpacticoida	2,7	3,0	1,0	5,2	92,4

Através de estatística multivariada, utilizando os dados de abundância de presas, foi possível testar se existiam diferenças significativas entre as dietas das duas espécies quando isoladas e em co-ocorrência. Os resultados da PERMANOVA a 2 factores (espécies e tipo de lanço) evidenciaram que existe interacção significativa entre os dois factores considerados na análise (PERMANOVA, Pseudo-F = 2,3081 ; P(perm) = 0,045; 998 permutações únicas) (Tabela 8).

Dentro dos lanços do tipo “single”, as duas espécies apresentam diferenças significativas na dieta (Pair-Wise = 0,002), ou seja, quando estão em lanços constituídos apenas pelos indivíduos da própria espécie as dietas são diferentes entre si. Quando estão numa zona de um lanço do tipo “mixed”, as duas espécies não apresentam diferenças significativas na dieta entre si (Pair-Wise = 0,288) (Tabela 9). A análise estatística PERMANOVA não indicou igualmente diferenças significativas dentro das espécies nos dois tipos de lanços, com a sardinha a não apresentar diferenças quando está nos lanços “single” comparativamente com os lanços “mixed” (Pair-Wise = 0,058) assim como a cavala (Pair-Wise = 0,098) (Tabela 10). Não obstante convém salientar que a sardinha nos lanços “single” e “mixed” não apresentou diferenças significativas mas apenas marginalmente pois o valor do teste foi muito próximo do valor de significância adoptado para este teste (Pair-Wise $\leq 0,05$).

Tabela 8 - Resultados da análise de variância permutacional PERMANOVA realizados para determinar se existiriam interacções significativas entre os dois factores do presente estudo, Espécie e Tipo de lanço. “G1” são os graus de liberdade, “MS” é a soma das médias, “Pseudo-F” é o valor de f calculado, “P(perm)” são p valores usando permutações e o número de permutações.

	GI	MS	Pseudo-F	P(perm)	Número de permutações
Espécie	1	4293,3	47,3	0,003	999
Tipo de lanço	1	2622,5	28,9	0,014	998
Espécie x Tipo de lanço	1	2096,5	23,1	0,045	998
Resíduos	23	908,3			

Tabela 9 - Resultados dos testes Pair-Wise da análise de variância permutacional PERMANOVA realizados para determinar se existiriam diferenças significativas entre as espécies nos dois tipo de lanços, “single” e “mixed”. “P(perm)” são *p* valores usando permutações e o número de permutações.

Tipo de lanço		t	P(perm)	Número de permutações
Single	sardinha vs cavala	25408	0,002	842
Mixed	sardinha vs cavala	11013	0,288	687

Tabela 10 - Resultados dos testes Pair-Wise da análise de variância permutacional PERMANOVA realizados para determinar se existiriam diferenças significativas entre os dois tipos de lanço em cada espécie, sardinha e cavala. “P(perm)” são *p* valores usando permutações e o número de permutações.

Espécie		t	P(perm)	Número de permutações
sardinha	Single vs Mixed	17917	0,058	415
cavala	Single vs Mixed	14272	0,098	931

Verificou-se uma elevada sobreposição alimentar para as duas espécies analisadas, sardinha e cavala, de acordo com o índice de Horn (Tabela 11). Destacam-se as amostras

“MAS mixed”, como aquelas que apresentaram menor sobreposição trófica com as restantes amostras. No entanto, todos os diferentes grupos de amostras apresentaram valores superiores a 0,60 o que indica a existência de sobreposição das várias dietas.

Tabela 11 - Sobreposição de dieta entre as várias espécies e tipos de lanços em estudo, mediante a aplicação do índice de sobreposição de Horn (em destaque o grau de sobreposição entre todos os indivíduos das duas espécies independentemente do tipo de lanço)

	PIL single	MAS single	PIL mixed	MAS mixed	All Mas
PIL single					
MAS single	0,89				
PIL mixed	0,89	0,84			
MAS mixed	0,70	0,78	0,76		
All Pil					0,81

Embora o factor temporal não tenha sido um factor tido em conta inicialmente para uma melhor compreensão dos resultados resolveu-se observar se existiria uma influência. Notaram-se diferenças (visíveis no MDS – Anexo 1) que levariam a suspeitar de um sinal nos dados provavelmente devido a alterações na comunidade de plâncton disponível. Convém também registar o facto das amostras provenientes de sardinha “PIL single” terem como origem Portimão contrariamente às restantes amostras que tiveram como origem Olhão.

A composição da dieta das duas espécies, através da aplicação do índice de Shannon-Wiener, revelou algumas variações ao longo dos quatro meses, Junho, Julho, Agosto e Setembro (Figura 10). É possível constatar que a maior diversidade registada foi na dieta de sardinha no mês de Julho e correspondeu às amostras onde apareceu em conjunto com cavala (“PIL mixed”). O menor valor de diversidade foi observado no mês de Agosto nas amostras de sardinha sozinha (“PIL single”). No geral, a diversidade da dieta da sardinha variou mais do que a diversidade da dieta da cavala que apresentou valores mais

constantes. No entanto, tal como verificado anteriormente, o valor médio de diversidade registado foi muito semelhante.

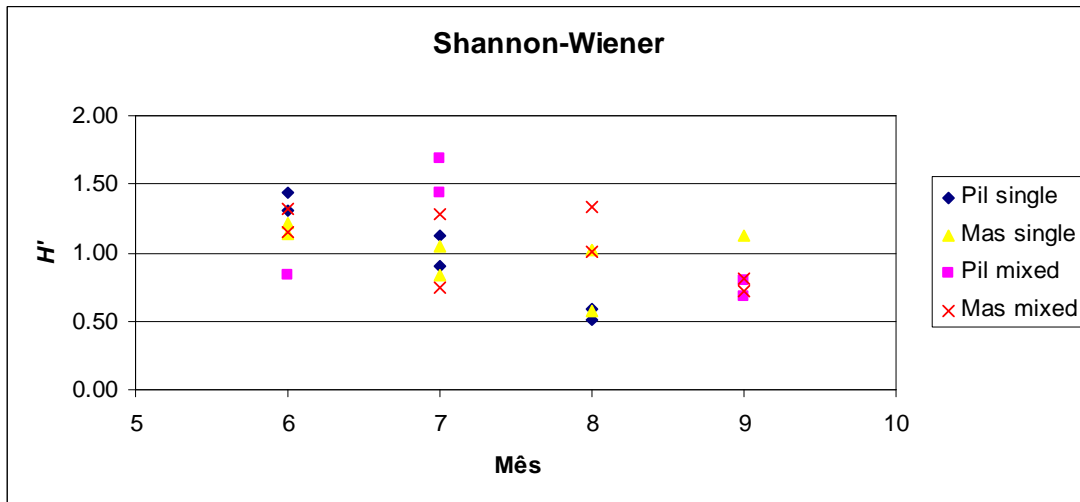


Figura 10 – Índice de Shannon-Wiener (H') aplicado à dieta das duas espécies, para cada amostra (“PIL single”, “MAS single”, “PIL mixed” e “MAS mixed”) nos quatro meses de estudo (Junho, Julho, Agosto e Setembro).

As figuras 11, 12, 13 e 14 representam graficamente as percentagens em número dos itens alimentares nos conteúdos estomacais analisados nos quatro meses em que decorreu o estudo. A figura 11 corresponde às amostras de lanços onde a sardinha ocorreu sozinha (“PIL single”), a figura 12 a lanços onde ocorreu com cavala (“PIL mixed”), a figura 13 a lanços onde a cavala ocorreu sozinha (“MAS single”) e a figura 14 a lanços onde ocorreu com sardinha (“MAS mixed”).

Nos meses em análise, constatou-se que em todas as amostras de sardinha analisadas, “PIL single” e “PIL mixed”, os copépodes da ordem Cyclopoida foram o que apresentaram os maiores valores de percentagem. Observou-se ainda que, ao longo do tempo, existiu um aumento da proporção do grupo Cyclopoida e uma diminuição do grupo dos copépodes não identificados nos estômagos analisados de “PIL single” (Figura 11). Nestas amostras, os copépodes da ordem Calanoida e Harpacticoida variaram

bastante e inversamente pois quando uns aumentavam os outros diminuavam, e vice-versa. Nos conteúdos analisados de “PIL mixed” (Figura 12), constatou-se um decréscimo na percentagem correspondente aos copépodes não identificados ao longo dos tempo. Nas amostras de “PIL mixed” do mês de Julho, os copépodes da ordem Harpacticoida, as larvas de crustáceos e os cladóceros apresentaram valores de percentagens superiores relativamente aos outros meses.

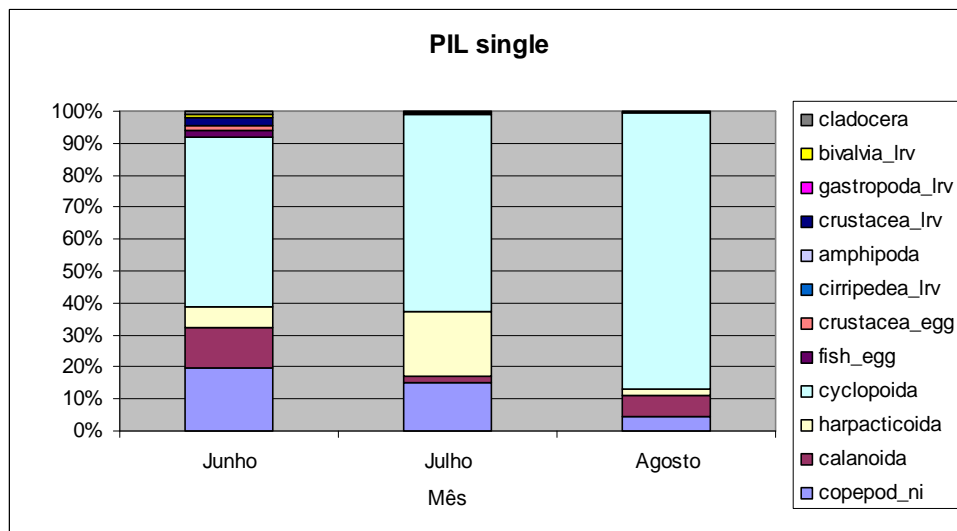


Figura 11 – Percentagens em número dos itens identificados nos conteúdos estomacais de sardinha correspondentes a amostras de lanços onde ocorreu sozinha (“PIL single”) ao longo dos meses de Junho, Julho e Agosto

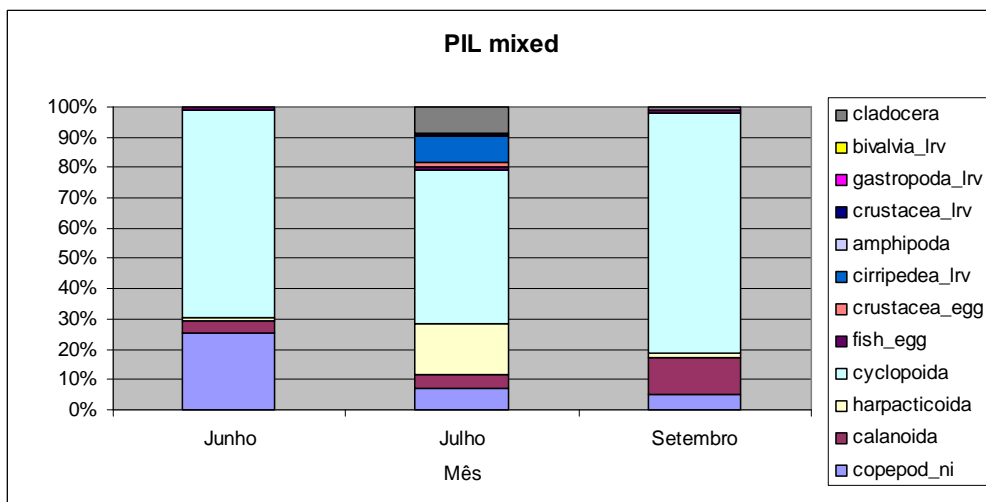


Figura 12 – Percentagens em número dos itens identificados nos conteúdos estomacais de sardinha correspondentes a amostras de lanços onde ocorreu com cavala (“PIL mixed”) ao longo dos meses de Junho, Julho e Setembro

Nas amostras analisadas de lanços em que a cavala ocorreu sozinha (“MAS single”) é visível o domínio em percentagem dos copépodos da ordem Cyclopoida em todos os meses exceptuando o mês de Julho (Figura 13). Neste mês, os copépodos da ordem Calanoida apresentaram valores de abundância superiores em contraponto com os outros meses. O grupo dos copépodos não identificados teve poucas variações ao longo dos quatro meses enquanto que os copépodos da ordem Harpacticoida tiveram uma progressiva diminuição até Agosto, aumentando ligeiramente em Setembro. Nos meses de Julho e Agosto, as amostras de lanços onde a cavala ocorreu com a sardinha (“MAS mixed”) apresentaram um domínio em percentagem de cladóceros (Figura 14). Já nos meses de Junho e Setembro, os copépodos da ordem Cyclopoida foram dominantes em percentagem. É de destacar também o facto dos ovos de crustáceo terem apresentado valores altos de percentagem em Junho e dos copépodos da ordem Calanoida terem os maiores valores em Agosto e Setembro.

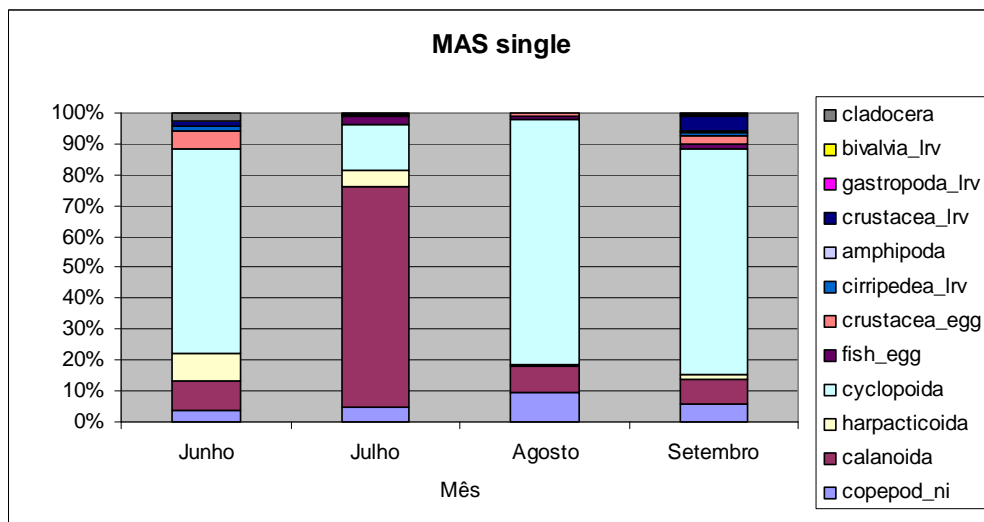


Figura 13 – Percentagens em número dos itens identificados nos conteúdos estomacais de cavala correspondentes a amostras de lanços onde ocorreu com sardinha

sozinha (“MAS single”) ao longo dos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro

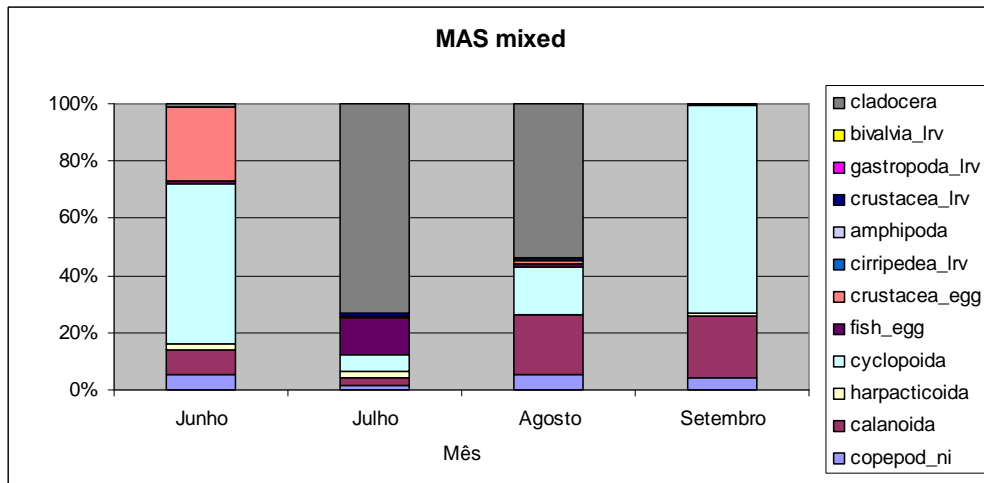


Figura 14 – Percentagens em número dos itens identificados nos conteúdos estomacais de cavala correspondentes a amostras de lanços onde ocorreu com sardinha (MAS mixed) ao longo dos meses de Junho, Julho, Agosto e Setembro

DISCUSSÃO

A sardinha e a cavala partilham espaço e recursos alimentares, como tal este estudo permitiu estudar as interacções tróficas entre ambas as espécies na costa Sul portuguesa. A área em análise é uma região de transição, onde ambas as espécies co-ocorrem com frequência (Marques, 2005; Zwolinski *et al.*, 2007), entre a zona dominada por sardinha da costa Oeste e a comunidade pelágica multi-específica do Golfo de Cádiz, (ICES, 2006b). Através da examinação de conteúdos estomacais de indivíduos capturados no Algarve analisou-se a alimentação das duas espécies e as diferenças nas dietas decorrentes da co-ocorrência das espécies. Visto que os objectivos eram examinar as dietas das duas espécies e alterações ontogenéticas na dieta da cavala, optou-se por obter dois tipos de amostras: sardinhas e cavalas (de menores dimensões) capturadas pela frota de cerco e cavalas (de maiores dimensões) capturados pela armação de pesca ao atum/frota de arrasto.

Estudos recentes sobre a dieta da sardinha e da cavala em diversos ecossistemas demonstraram que a maior parte do carbono obtido na sua dieta tem como origem o zooplâncton (Van der Lingen, 2002; Garrido *et al.*, 2008). Os resultados do presente estudo demonstram que as duas espécies têm uma dieta diversificada com os copépodes como presa principal. Estes resultados estão de acordo com alguns estudos prévios de conteúdos estomacais de sardinha (*e.g.* Espinoza *et al.*, 2009; Garrido *et al.*, 2008; Konchina, 1991) e de cavala (Castro & Santana del Pino, 1995; Weib, 1974; Castro, 2008). Os itens já referidos, especificamente os copépodes pertencentes ao género Cyclopoida, Harpacticoida e Calanoida apresentaram um domínio em termos numéricos e de ocorrência em ambas as espécies. Angélico & Silva (in ICES, 2008) ao analisarem amostras de comunidades de zooplâncton obtiveram diferenças significativas entre épocas do ano, Abril e Novembro, e locais, costeiros e “offshore”, na costa portuguesa. Estes dados mostram que a composição das comunidades de zooplâncton varia espacialmente e sazonalmente, tal como descrito por outros autores (*e.g.* Raymont, 1983), e a predação nestes itens alimentares pode ser uma consequência do facto deste tipo de presas serem as mais abundantes numa determinada área e altura do ano (Castro & Santana del Pino, 1995).

A nossa amostragem foi limitada em termos espaciais, temporais e de número de amostras referindo-se a uma situação de Verão na costa Sul de Portugal. Como tal não podemos concluir que a caracterização da dieta das duas espécies obtida seja uma representação perfeita das suas dietas e a generalização dos resultados obtidos pode ser difícil. Neste trabalho apenas foi considerada a fracção dos conteúdos estomacais maior do que 150 µm, tendo-se verificado que os organismos de menores dimensões, inclusivamente o fitoplâncton, eram em número negligenciável. Garrido *et al.* (2008) obteve resultados semelhantes no seu estudo com a sardinha, pois o fitoplâncton teve uma contribuição reduzida para a dieta das sardinhas do Sul de Portugal e revelou alguma importância apenas para as sardinhas da zona Oeste na Primavera/Verão.

Os copépodes, geralmente o grupo dominante no zooplâncton com as espécies da ordem Calanoida (*Acartia clausi*, *Temora* spp. e outros) ou da ordem Cyclopoida (*Oithona* spp e *Oncaea*) (Massuti & Oliver, 1948; Varela *et al.*, 1990; Garrido, 2003; Cunha *et al.*, 2005; Garrido *et al.*, 2008), foram dominantes nos conteúdos estomacais de sardinha neste trabalho. Foram identificados géneros e espécies de copépodes (supracitados) mas para facilitar o tratamento e interpretação dos dados foram englobados em grupos de acordo com as respectivas posições taxonómicas. Também no estudo de Garrido *et al.* (2008), a composição das presas da dieta das sardinhas de Portimão apresentava como presas mais importantes copépodes da ordem Cyclopoida (mais especificamente do género *Oncaea*) desde o final de Julho até Setembro. Sever *et al.* no Mar Egeu (2005) e Van der Lingen na costa da África do Sul (1994) também obtiveram resultados semelhantes para a sardinha.

Os cladóceros, outro item identificado, tiveram uma abundância reduzida nos conteúdos estomacais de sardinha e, embora tenham apresentado uma abundância maior nas amostras “mixed”, normalmente estão entre as presas mais abundantes nos estudos efectuados no Mediterrâneo (Massuti & Oliver, 1948) e no Atlântico (Navarro & Navaz, 1946; Varela *et al.*, 1988,1990; Garrido, 2003; Cunha *et al.*, 2005). Este item, segundo Rayment (1983), pode atingir picos de elevada abundância por períodos curtos ao longo do ano. Vários trabalhos indicaram também os ovos de peixes e os ovos de crustáceos como itens importantes na dieta da sardinha (Silva, 1954; Varela *et al.*, 1988; Garrido, 2002). Garrido *et al.* (2008) para a costa sul e para o mesmo período de estudo (Verão),

verificou que os ovos de peixes eram igualmente importantes na dieta das sardinhas. Aparentemente no presente trabalho não apresentaram tanta relevância na costa sul de Portugal. Estes itens apenas se destacaram na dieta da sardinha durante a altura de amostragem em termos de ocorrência nas amostras de lanços “mixed”. Não obstante, visto que alguns dos ovos de crustáceos pertencem a copépodes, é possível que estivessem presentes nos estômagos mas ligados ao corpo dos copépodes e como tal não foram contabilizados pois todo o indivíduo foi predado.

A composição da dieta da cavala capturada pela arte do cerco indica que, tal como referido anteriormente para a sardinha, os copépodes são a principal presa em termos de abundância e de ocorrência. Estes dados estão de acordo com o já referido por alguns autores (Castro & Santana del Pino, 1995; Weib, 1974) que salientaram os copépodes como a presa principal da dieta das cavalas. Os cladóceros sucederam em grau de importância embora só nos lanços do tipo “mixed”. Trabalhos como o de Baird (1978) e Kramer (1969) consideraram o zooplâncton como o item mais relevante da dieta, em indivíduos menores do que 25 cm, apesar de não o fazerem especificamente para o grupo dos copépodes. Para Sever *et al.* (2006) no Mar Egeu, as duas presas principais da dieta de cavalas com comprimento entre 15 e 20 cm foram taliáceos e peixes, embora os copépodes tenham ocorrido num elevado número de estômagos. O facto do zooplâncton não ser considerado um item principal da dieta por este e outros autores pode ser explicado pelo facto de terem usado outro índice, Índice de Importância Relativa (IRI). Embora as cavalas tenham ingerido zooplâncton, este foi relativamente menos importante em termos de peso total com consequências no valor de índice calculado. No presente trabalho não foram encontrados misidáceos, eufasiáceos e taliáceos, presas que aparentemente foram frequentes nos conteúdos estomacais em alguns trabalhos (*e.g.* Castro, 1993). Este autor verificou a presença destes itens em conteúdos estomacais de indivíduos desta espécie maiores que 20 cm de comprimento capturados nas águas das Canárias. Os adultos de eufasiáceos apresentam uma distribuição em águas profundas e ao largo (Raymont, 1983), o que pode ser uma explicação para não terem sido detectados nos conteúdos estomacais analisados pois os indivíduos foram capturados em águas mais costeiras.

Angelescu (1979) verificou que a dieta da cavala era muito flexível, tanto em número de taxa de presas como em gama de tamanhos das presas. Para este e outros autores (*e.g.* Yasuda, 1960), a cavala é uma espécie oportunista e o comportamento oportunista também foi descrito para a sardinha (Garrido *et al.*, 2007). Os resultados referentes ao índice Shannon Wiener indicam que a diversidade das duas dietas é semelhante pois tem em conta ambos os valores. No entanto é de destacar que os dados obtidos apresentam variações ao longo do tempo de estudo.

Observando a análise espacial multi-dimensional (MDS) também é visível uma separação espacial para os vários meses (Anexo - Figura 1). Esta variação verificada na dieta das duas espécies é provavelmente influenciada pela disponibilidade de alimento no habitat, ou seja, na área de estudo. Não obstante não foram recolhidos dados quantitativos ou qualitativos das abundâncias dos diversos itens alimentares na área e como tal não podemos confirmar nem a existência de um carácter oportunista na alimentação das duas espécies, sardinha e cavala, nem variações das abundâncias dos itens alimentares que tenham ocorrido no habitat. Tendo em conta a sobreposição trófica baseada no índice de Horn, verificou-se uma elevada sobreposição nas dietas das duas espécies. Isto deveu-se, principalmente ao elevado consumo de copépodes por parte das duas espécies, uma vez que este índice é baseado na proporção em número dos itens nos estômagos. Dufault *et al.* (2009), utilizando outro índice de sobreposição, também confirmou a possibilidade de existência de sobreposição trófica entre duas espécies muito semelhantes às do nosso estudo, *Sardinops sagax* e *Scomber japonicus*, pois obteve níveis significativos de sobreposição de dietas. Os trabalhos de Moreno & Castro (1995) e Moreno & Teresa (1999), mais concretamente, indicaram que a dieta da cavala tinha uma sobreposição parcial com a dieta da sardinha assim como com outras espécies, *Atherina presbyter*, *Sardinella aurita* e *Boops boops*. Os copépodes foram os itens mais importantes na dieta das três espécies estudadas por estes autores. Kramer (1969) sugeriu a espécie *Trachurus symmetricus*, que não tem como distribuição a nossa área de estudo, como possível competidor com a cavala.

A análise estatística multivariada que efectuámos apenas detectou diferenças significativas na dieta quando ambas as espécies estão em lanços constituídos apenas pelos indivíduos da própria espécie, lanços do tipo “single”. Também Castro (2008) no

seu estudo efectuado ao largo da Ria de Aveiro detectou diferenças significativas na dieta entre ambas as espécies. Quando as espécies estão presentes no mesmo lanço, amostras “mixed”, não se verificaram diferenças significativas nas dietas. Outros casos de co-ocorrência com outras espécies foram descritos por diversos autores para outras áreas. Na costa portuguesa, em campanhas acústicas realizadas pelo IPIMAR desde o início dos anos 80, verificou-se a ocorrência de sardinha também com as espécies *Scomber scombrus* e *Trachurus trachurus*, além da cavala (Marques, 2005; Zwolinski *et al.*, 2007). *Etrumeus teres*, *Trachurus sp.*, *Sardinella aurita* e *Boops boops* foram algumas espécies descritas com co-ocorrência com a cavala em várias regiões do mundo (*e.g.* Moreno & Castro, 1995; Moreno & Teresa, 1999). Marçalo (com. pess., 2010) observou que as duas espécies no mesmo cardume ocupam posições distintas e que não se misturam, o que também foi observado por outros autores (Parrish, 1989; Fréon & Misund, 1999 in Fréon *et al.*, 2005).

Os dados referentes ao grau de enchimento dos estômagos das duas espécies revelaram algumas diferenças. No geral, a sardinha apresentou, em percentagem, mais estômagos vazios do que a cavala. Dias *et al.* (1996) e Garrido *et al.* (2008) propuseram que o período de Julho a Setembro proporciona as melhores condições de alimentação da sardinha, já que é quando ocorrem as condições de afloramento mais intensas e mais extensas, que levam a grandes concentrações de fito e zooplâncton na costa Oeste. No entanto, a costa Oeste e a costa Sul de Portugal têm diferentes condições oceanográficas que podem influenciar a abundância e composição de plâncton ao longo do ano (Garrido *et al.*, 2008). O número de estômagos vazios verificado para a totalidade dos estômagos de sardinha foi bastante elevado. Não obstante pode tratar-se de um caso pontual de difícil generalização visto este estudo só ter decorrido ao longo de quatro meses e da análise de conteúdos estomacais ter sido feita com um número reduzido de amostras. Cunha *et al.* (2005) também registou resultados semelhantes no seu trabalho, no entanto é de realçar que a maioria dos autores obteve um número muito inferior de estômagos vazios (*e.g.* Garrido, 2003; Emmet *et al.*, 2005; Sever *et al.*, 2005). A cavala apresentou resultados muito semelhantes em termos de enchimento dos estômagos nos dois tipos de lanços em que esteve presente, não se tendo verificado diferenças significativas. Os nossos dados revelaram uma percentagem baixa de estômagos vazios na cavala e são

muito semelhantes com o que foi observado por outros autores (Sever *et al.*, 2006). É de salientar que as sardinhas de lanços do tipo “mixed”, ou seja com cavala, apresentaram um coeficiente de vacuidade muito superior aos da sardinha de lanços do tipo “single”. As diferenças encontradas entre os graus de enchimento nos dois tipos de lanços foram estatisticamente significativas para a sardinha (embora marginalmente) e levantam a hipótese desta espécie sofrer algum tipo de interacção por parte da cavala que faça com que diminua a intensidade da sua alimentação. Apesar disso estes resultados têm que ser analisados com cuidado pois as amostras de sardinha sozinha (“PIL single”) são de desembarques efectuados na lota de Portimão em contraponto com as restantes amostras (“PIL mixed”, “MAS single” e “MAS mixed”) que foram provenientes de desembarques na lota de Olhão.

Os nossos resultados, em conjunto com o que foi referido anteriormente sobre as semelhanças das dietas e sobre a existência de diferenças nas intensidades de alimentação, vêm de certa forma constatar a possível existência de interacções tróficas entre estas duas espécies, sardinha e cavala. Trabalhos efectuados com isótopos estáveis demonstram que a maior parte dos consumidores planctívoros apresentam valores semelhantes de $\delta^{15}\text{N}$. Isto indica a potencial existência de competição pelas mesmas presas ou de segregação espacial e temporal das populações (Bode *et al.*, 2007). Uma vez que existem observações frequentes de co-ocorrência (já referidas anteriormente), a explicação de competição está de acordo com a informação obtidas dos diversos estudos de análise de conteúdos estomacais efectuados (*e.g.* Espinoza *et al.*, 2009; Garrido *et al.*, 2008; Castro & Santana del Pino, 1995; Weib, 1974).

Os resultados da análise macroscópica aos conteúdos estomacais das cavalas indicaram a existência de uma mudança ontogenética da dieta de presas de menores dimensões, como zooplâncton, para presas com maiores dimensões, peixe e crustáceos maiores, à medida que o comprimento total das cavalas aumenta. Ainda que se tenham obtido estes resultados, convém salientar que foi recolhido um número reduzido de amostras de cavalas grandes (> 24 cm). Estudos anteriores (*e.g.* Castro & Santana del Pino, 1995; Yasuda, 1960) também verificaram uma mudança ontogenética na dieta da cavala. Estas mudanças na dieta de peixes são frequentes e parecem funcionar como uma adaptação de modo a maximizar o “intake” de energia e assim diminuir o risco de

predação e/ou como um mecanismo de expandir o tamanho do nicho e minimizar a competição intraespecífica (Keast, 1977). Os clupeídeos estão entre as presas mais importantes para cavala, seguidos dos Engraulidae e Atherinidae, segundo vários autores (Atli, 1959 in Hernandez & Ortega, 2000; Schaefer, 1980; Castro, 1993). Embora a maior parte dos peixes presentes nos conteúdos estomacais estivesse extremamente digerida, as escamas e os restos orgânicos que possibilitaram algum tipo de identificação apontaram para o facto de poderem pertencer a indivíduos clupeidiformes (Anónimo, 2010).

De acordo com Angelescu (1979), a cavala parece ter diferentes estratégias de alimentação, alimentando-se de plâncton por filtração e também capturando presas de maiores dimensões, e como consequência apresenta uma gama de itens alimentares muito diversa com itens desde copépodes até necton (peixes pequenos e lulas). As conclusões deste autor estão de acordo com os dados obtidos tendo sido verificada a tendência para a predação de crustáceos maiores e peixes nos indivíduos de maiores dimensões, com os indivíduos de menores dimensões a preferirem zooplâncton. Também a sardinha modifica a sua alimentação consoante a dimensão, embora o tamanho das presas capturadas seja inversamente proporcional ao tamanho dos exemplares devido ao menor espaçamento das branquispinhas nos indivíduos de maiores dimensões (ICES, 2004), constatando-se exactamente o oposto da dieta de cavala (Castro & Santana del Pino, 1995). As alterações dos hábitos alimentares da cavala, em função do aumento da sua dimensão, poderão ser explicadas através de modificações da sua morfologia, mais especificamente da abertura da boca (“mouth gap”) (Castro & Santana del Pino, 1995). Os indivíduos passam a dispor de um conjunto de características que lhes permite a captura de presas de maiores dimensões, provavelmente com o aumento da dimensão do corpo e da maior capacidade muscular, permitindo-lhes colmatar as necessidades energéticas inerentes ao aumento de dimensão, bem como da reprodução, tal como descrito para outras espécies por Cabral & Murta (2002). A utilização de diferentes habitats em função do tamanho, como parece ser para *T. trachurus* (Cabral & Murta, 2002), pode ser outra explicação possível que poderá ajudar a explicar as diferenças observadas na dieta da cavala à medida que aumenta de tamanho. Comparando as distribuições de frequências de comprimentos obtidas para as duas artes, cerco e armação de atum/arrasto de peixe, é visível que a gama de comprimentos para a arte de cerco apresenta tamanhos consideravelmente mais pequenos

do que outras. De facto, as cavalas de grandes dimensões são em geral capturadas por artes, como o arrasto de peixe e o palangre, que operam a maiores profundidades do que a arte de cerco, que captura cavala de menores dimensões (Masuda, 2009). A gama de comprimentos das cavalas capturadas nos cruzeiros demersais do IPIMAR realizados na nossa costa pelo N/I “Noruega” é muito semelhante à dos desembarques na arte de arrasto com a captura de indivíduos de maiores dimensões comparativamente à arte de cerco (Martins, 1998). Isto vem reforçar a hipótese de uma migração ontogenética para águas mais profundas por parte destes exemplares.

As populações de peixes pelágicos costeiros sofrem flutuações naturais (*e.g.* Shannon *et al.*, 2000). Vários autores referem que os componentes dos ecossistemas exercem um controlo “bottom-up” ou “top-down” nas populações destas espécies, dependendo da sua posição na cadeia trófica (*e.g.* Cury, 2000, Fréon *et al.*, 2005). Nos últimos anos, os dados de desembarques nacionais apontam para um aumento da população de cavala que contrasta com um declínio da população de sardinha. Analisando esses dados é visível esta tendência tendo-se verificado valores de capturas médias anuais de sardinha de aproximadamente 99.151 toneladas na década de 1980, 86.647 na década de 1990 (ICES, 2004) e 64.370 toneladas na década de 2000 (ICES, 2010). Relativamente à cavala, foram desembarcadas capturas médias anuais desta espécie em Portugal de 7.200 toneladas entre 1986 e 2003 (Martins, 2007) atingindo 16.291 toneladas em 2010 (DGPA, 2010). Sucessões nas abundâncias de espécies pelágicas foram observadas por diversos autores em todo o mundo (*e.g.* MacCall, 1996; Crawford *et al.*, 1987; Bakun, 1998), no entanto, estudos de modelação mostraram que a sobrepesca de pequenos peixes pelágicos tinha como efeito o colapso dos stocks de sardinha e favorecia espécies como a cavala e o carapau, que competiam pelo zooplâncton (Cury, 2000). Por sua vez o aumento de biomassa dos competidores atrasava a recuperação dos stocks de sardinha quando a sobrepesca era aliviada (Shannon *et al.*, 2000).

Os dados obtidos para a dieta da sardinha e da cavala indicam que ambas as espécies partilham recursos tróficos visto que as espécies de zooplâncton identificadas nas dietas são na sua maioria as mesmas e as duas espécies estão distribuídas na mesma área geográfica. As estimativas dos níveis tróficos para ambas as espécies usando dados

de isótopos estáveis no músculo indicam resultados semelhantes (Bode *et al.*, 2007). No entanto, a ampla variabilidade espacial das dietas e a mobilidade das duas espécies pode compensar esta sobreposição trófica. O facto de ambas as espécies partilharem recursos poderá ser relevante apenas quando estes se tornarem limitantes. Além disso a morfologia do aparelho alimentar da sardinha está mais adaptada para a alimentação por filtração e a cavala apresenta mudanças ontogenéticas na sua dieta e de habitat, como tal estes podem ser mecanismos para evitarem a competição. Não obstante os resultados apontam para a existência de potencial competição, quando a cavala tem menores dimensões e partilha espaço com a sardinha, entre ambas as espécies.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os peixes pelágicos são elementos essenciais dos ecossistemas marinhos devido à sua biomassa significativa nos níveis intermédios da cadeia trófica, à sua função como importante elo de ligação entre os níveis tróficos inferiores e superiores (Bakun, 1996; Cury, 2000) e à sua elevada importância comercial (DGPA, 2010). Não obstante não existem estudos especificamente sobre as possíveis interações tróficas entre as espécies, sardinha e cavala. Como tal, o presente trabalho melhora os conhecimentos sobre as interações tróficas entre ambas as espécies, já que permitiu avaliar a composição das suas dietas e intensidades de alimentação tendo em conta situações em que as espécies ocorreram ou não na mesma zona de pesca.

No presente estudo, verificou-se que a sardinha e a cavala são espécies omnívoras e ambas apresentaram uma maior abundância de copépodes pertencentes aos mesmos grupos taxonómicos nas suas dietas, não se tendo verificado uma partição do zooplâncton com base no tamanho para as duas espécies. Constatou-se também que a sardinha apresentou um coeficiente de vacuidade elevado quando em presença da cavala e a existência de uma alteração na dieta da cavala passando a alimentar-se de itens de maiores dimensões à medida que aumentava de tamanho. Os dados apontam para a existência de uma sobreposição das dietas entre a cavala pequena e a sardinha e potencial para competição entre ambas as espécies. As mudanças ontogenéticas na dieta da cavala, bem como a distribuição da cavala grande em zonas mais profundas, indicam que o potencial de competição é menor com as cavalas grandes. Por outro lado, há indicação que as cavalas grandes se alimentam também de clupeiformes, possivelmente sardinha.

São necessários estudos futuros mais aprofundados acerca das dietas das duas espécies. Sugere-se análises a longo termo e numa maior zona de estudo, além de análises quantitativas e qualitativas do zooplâncton no habitat de modo a ajudar a perceber melhor as relações tróficas (mais concretamente de competição e predação) entre as duas espécies e as suas consequências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrams, P. (1980). Some comments on measuring niche overlap. *Ecology*, 61(1), 44-49.
- Amenzoui, K., Ferhan-Tachinante, F., Yahyaoui, A., Kifani, S., & Mesfioui, A. H. (2006). Analysis of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off the Moroccan Atlantic coast. *Comptes Rendus Biologies*, 329(11), 892-901.
- Anderson, M. (2001). A new method for non parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26(1), 32-46.
- Anderson, N., & Gorley, R. (2007). *PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to software and statistical methods* Chicago, USA.
- Angelescu, V. (1979). Trophic ecology of the mackerel of the Argentine continental shelf.(Scombridae, *Scomber japonicus marplatensis*). Part I. Feeding and growth. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*, 1, 5-44.
- Assis, C. (1992). A Ecologia Alimentar dos Peixes: Metodologia empregue no seu estudo. *Trabalho de síntese elaborado no âmbito das “Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica”, Departamento de Zoologia e Antropologia, Faculdade de Ciências de Lisboa.*
- Atli, M. (1959). Kolyoz (*Scomber colias* L.)'un biolojisi hakkinda [On the biology of chub mackerel (*Scomber colias* L.)]. *Hidrobiologi Mecmuasi*, 5, 125-143.
- Baird, D. (1978). Food of the mackerel *Scomber japonicus* from Western Cape waters. *Fish. Bull*, 62-68.
- Bakun, A. (1996). Patterns in the ocean: ocean processes and marine population dynamics. In C. A. California Dea Grant College System (Ed.), *Ocean Processes and Marine Population Dynamics* (pp. 323 pp). C. A.
- Bengtsson, J. (1989). Interspecific competition increases local extinction rate in a metapopulation system. *Nature*, 340, 713-715.
- Birch, L. (1957). The meanings of competition. *American Naturalist*, 91(856), 5-18.
- Bode, A., Alvarez-Ossorio, M., Carrera, P., & Lorenzo, J. (2004). Reconstruction of trophic pathways between plankton and the North Iberian sardine (*Sardina pilchardus*) using stable isotopes. *Scientia Marina*, 68(1).
- Bode, A., Alvarez-Ossorio, M., Cunha, M., Garrido, S., Peleteiro, J., Porteiro, C., et al. (2007). Stable nitrogen isotope studies of the pelagic food web on the Atlantic shelf of the Iberian Peninsula. *Progress In Oceanography*, 74(2-3), 115-131.

- Bode, A., Carrera, P., & Lens, S. (2003). The pelagic foodweb in the upwelling ecosystem of Galicia (NW Spain) during spring: natural abundance of stable carbon and nitrogen isotopes. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 60(1), 11.
- Breder Jr, C. (1977). On the survival value of fish schools. *Zoologica* 52 (4):25-40.
- Brodeur, R., Fisher, J., Emmett, R., Morgan, C., & Casillas, E. (2005). Species composition and community structure of pelagic nekton off Oregon and Washington under variable oceanographic conditions. *Marine Ecology Progress Series*, 298, 41-57.
- Cabral, H. (1998). Utilização do estuário do Tejo como área de viveiro pelos linguados, *Solea solea* (L., 1758) e *Solea senegalensis* Kaup, 1858, e robalo, *Dicentrarchus labrax* (L., 1758). Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal. 396 pp.
- Cabral, H., & Murta, A. (2002). The diet of blue whiting, hake, horse mackerel and mackerel off Portugal. *Journal of Applied Ichthyology*, 18(1), 14-23.
- Cailliet, G., & Barry, J. (1979). *Comparison of food array overlap measures useful in fish feeding habit analysis*. Paper presented at the Gutshop '78 fish food habits studies ; Proceedings of the second Pacific Northwest technical workshop, October 10-13, 1978, Maple Valley, Washington, p. 67-79. Wash. Sea Grant Publ., Univ. Wash., Seattle.
- Caragitsou, E., & Papaconstantinou, C. (1994). Feeding habits of piper (*Trigla lyra*) in the Saronikos Gulf (Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 10(2), 104-113.
- Casini, M., Bartolino, V., Molinero, J. C., & Kornilovs, G. (2010). Linking fisheries, trophic interactions and climate: threshold dynamics drive herring *Clupea harengus* growth in the central Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 413, 241-252.
- Castillo-Jordán, C., Cubillos, L. A., & Paramo, J. (2007). The spawning spatial structure of two co-occurring small pelagic fish off central southern Chile in 2005. *Aquatic Living Resources*, 20(1), 77-84.
- Castro, J. (1991). Ecología trófica de la caballa (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) en aguas del Archipiélago Canario. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria. 313 pp.
- Castro, J. (1993). Feeding ecology of chub mackerel *Scomber japonicus* in the Canary Islands area. *South African Journal of Marine Science*, 13(1), 323-328.
- Castro, J., & Santana del Pino, A. (1995). Feeding preferences of *Scomber japonicus* in the Canary Islands area. *Scientia Marina*, 59, 325-333.

- Castro, N. (2008). Estrutura e Ecologia alimentar das comunidades piscícolas em uma área de viveiro para espécies de interesse comercial da região centro de Portugal. Universidade de Lisboa, Lisboa. 111 pp.
- Clarke, K., & Warwick, R. (2001). Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation. *Plymouth, UK: PRIMER-E*, 172.
- Collette, B., Whitehead, P., Bauchot, M., Hureau, J., Nielsen, J., & Tortonese, E. (1986). Scombridae, *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*. P. J. P. Whitehead, M.-L. Bauchot, J.-C. Hureau, J. Nielsen and E. Tortonese (Eds). (pp. 981-997). UNESCO, Paris,.
- Colwell, R., & Fuentes, E. (1975). Experimental studies of the niche. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 6, 281-310.
- Crawford, R., Shannon, L., & Pollock, D. (1987). The Benguela ecosystem. Part IV. The major fish and invertebrate resources. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review*, 25, 353-505.
- Croker, R. (1933). The California mackerel fishery. Calif. Div. Fish Game. *Fish Bull*, 40, 149.
- Cruz-Escalona, V., Abitia-Cardenas, L., Campos-Davila, L., & Galvan-Magana, F. (2000). Trophic interrelations of the three most abundant fish species from Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 66(2), 361-373.
- Cunha, M., Garrido, S., & Pissarra, J. (2005). The use of stomach fullness and colour indices to assess *Sardina pilchardus* feeding. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 85(02), 425-431.
- Cury, P. (2000). Small pelagics in upwelling systems: patterns of interaction and structural changes in “wasp-waist” ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57(3), 603-618.
- DGPA. (2010). Datapescas n°86 2010 *MADRP-DGPA*(World Wide Web electronic publication <http://www.dgpa.min-agricultura.pt/>).
- Diamond, J. (1975). Assembly of species communities *Ecology and evolution of communities* (pp. 342-444): Harvard Univ. Press
- Diamond, J. (1978). Niche shifts and the rediscovery of interspecific competition. *American Scientist*, 66, 322-331.
- Dias, C., Pestana, G., Soares, E., & Marques, V. (1996). Present state of sardine stock in ICES Divisions VIIIc and IXa. *ICES Working Group on the Assessment of Mackerel, Horse Mackerel, Sardine and Anchovy*.

- Dufault, A. M., Marshall, K., & Kaplan, I. C. (2009). A synthesis of diets and trophic overlap of marine species in the California Current. *U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Memo., NMFS-NWFSC-103*, 81 p.
- Eliassen, J., & Jobling, M. (1985). Food of the roughhead grenadier, *Macrourus berglax*, Lacedpede in North Norwegian waters. *Journal of Fish Biology*, 26(3), 367-376.
- Elliot, M., Hemingway, K., Costello, M., Duhamel, S., Hostens, K., Labropoulou, M., et al. (2002). Links between fish and other trophic levels. In Blackwell Science (Ed.), *Fishes in Estuaries* (pp. 54-123). London, UK.
- Emmett, R., Brodeur, R., Miller, T., Pool, S., Bentley, P., Krutzikowsky, G., et al. (2005). Pacific sardine (*Sardinops sagax*) abundance, distribution, and ecological relationships in the Pacific Northwest. *California Cooperative Oceanic Fisheries investigations Report*, 46, 122.
- Espinoza, P., Bertrand, A., van der Lingen, C., Garrido, S., & Rojas de Mendiola, B. (2009). Diet of sardine (*Sardinops sagax*) in the northern Humboldt Current system and comparison with the diets of clupeoids in this and other eastern boundary upwelling systems. *Progress In Oceanography*, 83(1-4), 242-250.
- FAO. (1997). *Review of the state of world fishery resources: marine fisheries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO Fisheries Circular*. No. 920. Rome, FAO. 1997. 173 p.
- Figueiredo, M., Morato, T., Barreiros, J., Afonso, P., & Santos, R. (2005). Feeding ecology of the white seabream, *Diplodus sargus*, and the ballan wrasse, *Labrus bergylta*, in the Azores. *Fisheries Research*, 75(1-3), 107-119.
- Fréon, P., Cury, P., Shannon, L., & Roy, C. (2005). Sustainable exploitation of small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: a review. *Bulletin of Marine Science*, 76(2), 385-462.
- Garrido, S. (2003). Alimentação de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) ao largo da costa continental portuguesa e implicações da condição nutricional das fêmeas na qualidade dos oócitos. Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar Porto. 85pp.
- Garrido, S. (2007). Trophic ecology of the atlanto-iberian sardine (*Sardina pilchardus*). Tese de doutoramento, Universidade do Algarve, Faro. 194 pp.
- Garrido, S., Ben-Hamadou, R., Oliveira, P., Cunha, M., Chícharo, M., & Van der Lingen, C. (2008). Diet and feeding intensity of sardine *Sardina pilchardus*: correlation with satellite-derived chlorophyll data. *Marine Ecology Progress Series*, 354, 245-256.
- Garrido, S., Murta, A., Moreira, A., Ferreira, M., & Angélico, M. (2008b). Horse

- mackerel (*Trachurus trachurus*) stomach fullness off Portugal: index calibration and spatio-temporal variations in feeding intensity. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 65(9), 1662-1669.
- Gotelli, N. (2000). Null model analysis of species co-occurrence patterns. *Ecology*, 81(9), 2606-2621.
- Hajisamae, S., Chou, L., & Ibrahim, S. (2003). Feeding habits and trophic organization of the fish community in shallow waters of an impacted tropical habitat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58(1), 89-98.
- Hardin, G. (1960). The competitive exclusion principle. *Science*, 131(3409), 1292-1297.
- Hernández, J., & Ortega, A. (2000). Synopsis of biological data on the chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782): Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAO Fisheries Synopsis. No. 157. Rome, FAO. 2000. 77p.
- Hickling, C. (1945). The seasonal cycle in the Cornish pilchard, *Sardina pilchardus* Walbaum. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 26(02), 115-138.
- Hurlbert, S. (1978). The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 59(1), 67-77.
- ICES. (2004). Report of the Study Group on Regional Scale Ecology of Small Pelagics (SGRESP). *International Council for the Exploration of the Sea (CM Papers and Reports) CM 2006/ACFM 08*.
- ICES. (2006). Report of the working group on the assessment of mackerel, horse mackerel, sardine and anchovy. *International Council for the Exploration of the Sea (CM Papers and Reports) CM 2006/ACFM 08*, 631pp.
- ICES. (2006b). Report of the Working Group on Acoustic and Egg Surveys for Sardine and Anchovy in ICES Areas VIII and IX. *ICES Document CM 2006/LRC(01)*, 126 pp.
- ICES. (2008). Report of the Joint ICES/CIESM Workshop to Compare Zooplankton Ecology and Methodologies between the Mediterranean and the North Atlantic (WKZEM). *ICES CM 2008/OCC:10*, 77.
- ICES. (2010). ICES Advice 2010, Book 7, Sardine in Divisions VIIIc and IXa. (World Wide Web electronic publication
<http://www.ices.dk/committe/acom/comwork/report/2010/2010/sar-soth.pdf>)
- Jarre-Teichmann, A., & Christensen, V. (1998). Comparative modelling of trophic flows in four large upwelling ecosystems: global versus local effects. *Global versus*

- Local Changes in Upwelling Ecosystems*, 423–443.
- Keast, A. (1977). Diet overlaps and feeding relationships between the year classes in the yellow perch (*Perca flavescens*). *Environmental Biology of Fishes*, 2(1), 53-70.
- Kifani, S. (1998). Climate dependent fluctuations of the Moroccan sardine and their impact on fisheries. *Global versus local changes in upwelling systems*, edited by M.-H. Durand, P. Cury, R. Mendelssohn, C. Roy, A. Bakun, and D. Pauly, 235–248.
- Konchina, Y. (1991). Trophic status of the Peruvian anchovy and sardine. *Journal of Ichthyology*, 31(4), 59-72.
- Konno, E., Wolf, P., & Bergen, D. (2001). Pacific mackerel. *California's living marine resources: a status report*. WS Leet, CM Dewees, R. Klingbeil, and EJ Larson (eds.). *California Dept. Fish and Game, Sacramento*, 306–308.
- Krebs, C. (1989). *Ecological methodology*. New York, USA.: Harper Collins Publishers.
- Leitão, R., Martinho, F., Neto, J., Cabral, H., Marques, J., & Pardal, M. (2006). Feeding ecology, population structure and distribution of *Pomatoschistus microps* (Krøyer, 1838) and *Pomatoschistus minutus* (Pallas, 1770) in a temperate estuary, Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66(1-2), 231-239.
- Linton, L., Davies, R., & Wrona, F. (1981). Resource utilization indices: an assessment. *The Journal of Animal Ecology*, 50(1), 283-292.
- Lizaso, J., Goni, R., Reñones, O., Charton, J., Galzin, R. & Bayle, J., (2000). Density dependence in marine protected populations: a review. *Environmental Conservation*, 27(02), 144-158.
- MacArthur, R., & Levins, R. (1964). Competition, habitat selection, and character displacement in a patchy environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 51(6), 1207.
- MacCall, A. (1996). Patterns of low-frequency variability in fish populations of the California current. *Reports of California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations*.
- Magurran, A. (1990). The adaptive significance of schooling as an anti-predator defence in fish. *Annales Zoologica Fennici* 27, 51-66.
- Marques, V. (2005). *Campanhas Acústicas Portuguesas Dirigidas a Sardinha (Sardina pilchardus, Walb.) (1984-2003)*. IPIMAR, Lisboa.
- Martins, M. (1998). As populações do género *Scomber*: Sarda (*S. scombrus* L. 1758) e Cavala (*S. japonicus*, H. 1782). *Biologia e estado de conservação destes recursos*

- nas áreas de distribuição do Atlântico Nordeste. IPIMAR, Lisboa. 121 pp.
- Martins, M. (2007). Growth variability in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) and Spanish mackerel (*Scomber japonicus*) off Portugal. *ICES Journal of Marine Science*.
- Massé, J., Koutsikopoulos, C., & Patty, W. (1996). The structure and spatial distribution of pelagic fish schools in multispecies clusters: an acoustic study. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 53(2), 155.
- Massuti, M., & Oliver, M. (1948). Estudio de la biometría y biología de la sardina de Mahón (Balears), especialmente de su alimentación. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 3, 1-15.
- Masuda, R. (2009). Behavioral ontogeny of marine pelagic fishes with the implications for the sustainable management of fisheries resources. *Aqua-Bio Science Monographs*, 2, 1-56.
- May, R., Beddington, J., Clark, C., Holt, S., & Laws, R. (1979). Management of multispecies fisheries. *Science*, 205(4403), 267.
- McArdle, B., & Anderson, M. (2001). Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology*, 82(1), 290-297.
- Moreno, M., & Teresa, M. (1999). Contribución al conocimiento de las comunidades de peces en sistemas litorales de las Islas Canarias. Tese de doutoramento, University of Las Palmas de Gran Canaria, Spain. 254 pp.
- Moreno, T., & Castro, J. (1995). Community structure of the juvenile of coastal pelagic fish species in the Canary Islands waters. *Scientia Marina*, 59, 405-413.
- Navarro, F., & Navaz, J. (1946). Apuntes para la biología y biometría de la sardina, anchoa, boga y chicharro de las costas vascas. *Instituto Español de Oceanografía, Notas y Resúmenes II*, Madrid 134:1-25
- O'Connell, C., & Zweifel, J. (1972). A laboratory study of particulate and filter feeding of the Pacific mackerel, *Scomber japonicus*. *Fishery Bulletin*, 70, 973-981.
- Oliver, M. (1951). La sardina de la costa noroeste española en 1948 y 1949 (Estudio biométrico y biológico). *Bol. Inst. Esp. Oceanogr*, 42, 1-22.
- Oliver, M., & Navarro, F. (1952). Nuevos datos sobre la sardina de Vigo (febrero de 1950 a marzo de 1952). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía*, 56, 26-39.
- Paine, R. (1966). Food web complexity and species diversity. *American Naturalist*, 100(910), 65-75.

- Pauly, D., & Christensen, V. (1995). Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*, 374(6519), 255-257.
- Pitcher, T., & Parrish, J. (1993). Functions of shoaling behaviour in teleosts. *Behaviour of teleost fishes*, 363-439.
- Raymont, J. E. G. (1983). Plankton and Productivity in the Ocean, Vol. 2, Zooplankton. Pergamon Press(2nd Edition), 824pp.
- Relvas, P., Luís, J., & Santos, A. (2009). Importance of the mesoscale in the decadal changes observed in the northern Canary upwelling system. *Geophysical Research Letters*, 36(22), L22601.
- Rice, J. (1995). Food web theory, marine food webs, and what climate change may do to northern marine fish populations. In: Beamish, R.J. (Ed.), *Climate Change and Northern Fish Populations. Canadian Special Publication Fish Aquatic Science*(121), 561-568.
- Rose, M. (1933). *Faune de France, Copépodes pélagiques* (Vol. 26). Paris, France: Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles.
- Sale, P. (1977). Maintenance of high diversity in coral reef fish communities. *American Naturalist*, 111(978), 337-359.
- Schaefer, K. (1980). Synopsis of biological data on the chub mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782, in the Pacific Ocean. *Spec. Rep. Inter-Am. trop. Tuna Commn*, 2, 395-446.
- Scoles, D., Collette, B., & Graves, J. (1998). Global phylogeography of mackerels of the genus *Scomber*. *Fish. Bull*, 96, 823-842.
- Sever, T., Bayhan, B., Bilecenoglu, M., & Mavili, S. (2006). Diet composition of the juvenile chub mackerel (*Scomber japonicus*) in the Aegean Sea (Izmir Bay, Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 22(2), 145-148.
- Sever, T., Bayhan, B., & Taskavak, E. (2005). A preliminary study on the feeding regime of European pilchard (*Sardina pilchardus* Walbaum 1792) in Izmir Bay, Turkey, Eastern Aegean Sea. *Naga*, 28(3/4), 41.
- Shannon, L., Cury, P., & Jarre, A. (2000). Modelling effects of fishing in the Southern Benguela ecosystem. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 57(3), 720.
- Silva, E. (1954). Some notes on the food of the pilchard *Sardina pilchardus* (Walb.), of the Portuguese coasts. *Rev. Fac. Cienc. Lisboa, 2a Série*, 4, 281-294.
- Stergiou, K., & Karpouzi, V. (2001). Feeding habits and trophic levels of Mediterranean

- fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 11(3), 217-254.
- Trégouboff, G., & Rose, M. (1957). *Manuel de planctologie méditerranéenne* (Vol. 2). Paris, France: Centre national de la recherche scientifique.
- Van der Lingen, C. (1994). Effect of particle size and concentration on the feeding behaviour of adult pilchard *Sardinops sagax*. *Marine Ecology Progress Series*, 109, 1-1.
- Van der Lingen, C. (2002). Diet of sardine *Sardinops sagax* in the southern Benguela upwelling ecosystem. *South African Journal of Marine Science*, 24(1), 301-316.
- Van Olst, J., & Hunter, J. (1970). Some aspects of the organization of fish schools. *J. Fish. Bd. Can.*(27), 1225-1238.
- Varela, M., Alvarez-Ossorio, M., & Valdés, L. (1990). Método para el estudio cuantitativo del contenido estomacal de la sardina. Resultados preliminares. *Bol Inst Esp Oceanogr*, 6, 117-126.
- Varela, M., Larranaga, A., Costas, E., & Rodríguez, B. (1988). Contenido estomacal de la sardina (*Sardina pilchardus*, Walbaum) durante la campaña Saracus 871 en las plataformas Cantábrica y de Galicia en Febrero de 1987. *Bol. Inst. Esp. Oceanog*, 5, 17-28.
- Vasconcelos, R., Prista, N., Cabral, H., & Costa, M. (2004). Feeding ecology of the lesser weever, *Echiichthys vipera* (Cuvier, 1829), on the western coast of Portugal. *Journal of Applied Ichthyology*, 20(3), 211-216.
- Vucetic, T. (1963). Sur la nutrition de la sardine adulte (*Sardina pilchardus* Walb.) dans la partie moyenne de l'Adriatique orientale. *Acta Adriática*, 2, 1-47.
- Wallace, R., & Ramsey, J. (1983). Reliability in measuring diet overlap. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40(3), 347-351.
- Whitehead, P., (1986). *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean* (Vol. 1): Unesco Paris.
- Yasuda, F. (1960). The types of food habits of fishes assured by stomach contents examination. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish*, 26(7), 653-662.
- Zwolinski, J., Morais, A., Marques, V., Stratoudakis, Y., & Fernandes, P. (2007). Diel variation in the vertical distribution and schooling behaviour of sardine (*Sardina pilchardus*) off Portugal. *ICES Journal of Marine Science*.

ANEXOS

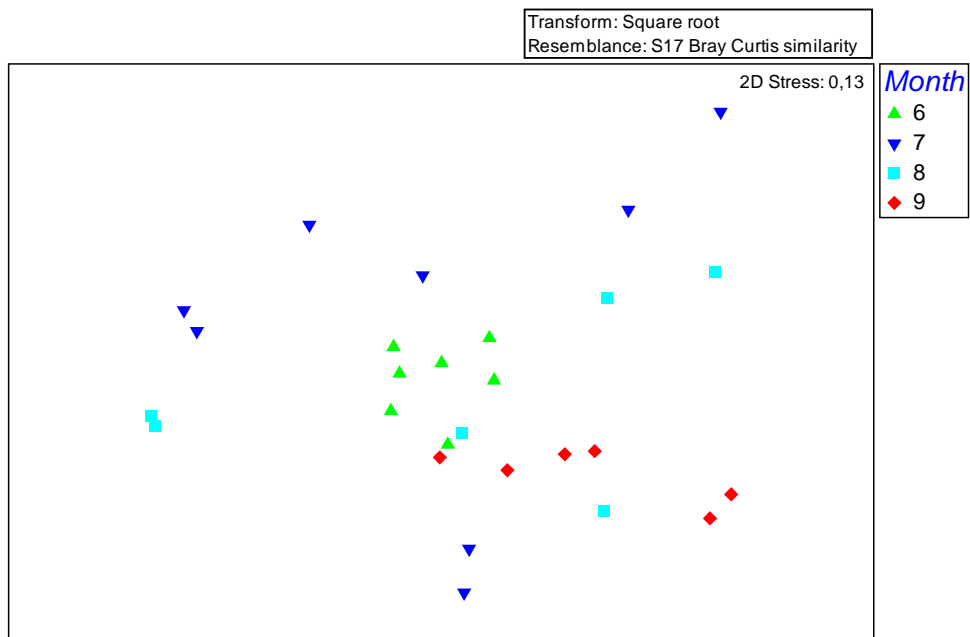


Figura 1 - Análise espacial multi-dimensional (MDS) para as diferentes amostras realizada a partir das abundâncias de cada item alimentar para cada mês em estudo: Junho (6), Julho (7), Agosto (8) e Setembro (9). Foram usados dados transformados pela raiz quadrada e similaridades de Bray-Curtis.