

DIRETIVA-QUADRO “ESTRATÉGIA MARINHA”

Descritor 4 – Teias tróficas

Relatório do segundo ciclo de avaliação do bom estado ambiental das águas marinhas nas subdivisões do Continente e da Plataforma Continental Estendida

Outubro, 2018

4. Descritor 4

“Todos os elementos da cadeia alimentar marinha, na medida em que são conhecidos, ocorrem com normal abundância e diversidade e níveis susceptíveis de garantir a abundância das espécies a longo prazo e a manutenção da sua capacidade reprodutiva total” (Diretiva 2008/56/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 17 de junho de 2008).

4.1. Introdução

Na Decisão (UE) 2017/848 da Comissão de 17 de maio de 2017, que revoga a Decisão da Comissão 2010/477/UE de 1 de setembro de 2010, são definidos novos critérios e normas metodológicas e um conjunto de características para garantir uma abordagem mais coerente e coesa na avaliação do Bom Estado Ambiental (BEA) pelos Estados Membros. A denominada *parte II* da Decisão (UE) 2017/848 da Comissão diz respeito aos descritores relacionados com os elementos pertinentes dos ecossistemas marinhos e está organizada pelos seguintes temas: grupos de espécies de aves, mamíferos, répteis, peixes e cefalópodes (descritor 1), habitats pelágicos (descritor 1), habitats bentónicos (descritores 1 e 6) e ecossistemas, incluindo teias tróficas (descritores 1 e 4). Esta secção do relatório avalia o estado ambiental para o descritor 4 (D4) enquadrado nos descritores do tema “ecossistemas”.

O D4 diz respeito a aspetos funcionais importantes do ecossistema, como a diversidade e estrutura das teias alimentares. Garantir um equilíbrio entre a abundância e a diversidade dos elementos das cadeias alimentares marinhas implica monitorizar os elementos dos critérios considerados na avaliação do Bom Estado Ambiental deste descritor e, se necessário, tomar medidas para controlar as pressões antropogénicas com impacto nos elementos das cadeias alimentares marinhas.

Devido à complexidade e reduzido grau de conhecimento apontados a este descritor (ICES, 2015), a Decisão (UE) 2017/848 da Comissão recomenda a utilização de um menor número de critérios para a avaliação do D4, relativamente aos definidos na Decisão da Comissão 2010/477/UE. Para a avaliação ambiental do D4 são estabelecidos dois critérios primários e dois critérios secundários (a utilizar, se necessário, em apoio aos critérios primários). Os critérios de avaliação revistos, incluindo os respetivos elementos e normas metodológicas são apresentados na tabela 4.1.

Tabela 4.1. Elementos dos critérios, critérios e normas metodológicas aplicáveis ao Descritor 4 definidas na Decisão (UE) 2017/848 da Comissão.

Elementos dos critérios	Tema: Ecosistemas, incluindo teias tróficas (relativo ao descritor 4) Crítérios	Normas metodológicas
<p>Grupos tróficos de um ecossistema.</p> <p>Os Estados-Membros devem estabelecer a lista de grupos tróficos através da cooperação regional ou sub-regional.</p>	<p>D4C1 – Primário:</p> <p>A diversidade (composição das espécies e sua abundância relativa) dos grupos tróficos não é negativamente afetada por pressões antropogénicas.</p> <p>Os Estados-Membros devem estabelecer os limiares através da cooperação regional ou sub-regional.</p>	<p><i>Escala de avaliação:</i></p> <p>Nível regional, no caso do mar Báltico e do mar Negro; nível sub-regional, no caso do Atlântico Nordeste e do mar Mediterrâneo.</p> <p>Podem utilizar-se subdivisões, se for caso disso.</p> <p><i>Utilização dos critérios:</i></p> <p>Se os valores não estiverem dentro dos limiares, pode ser feita mais investigação e serem realizados novos estudos para compreender as causas desse insucesso.</p>
	<p>D4C2 – Primário:</p> <p>O equilíbrio da abundância total entre os grupos tróficos não é afetado negativamente pelas pressões antropogénicas.</p> <p>Os Estados-Membros devem estabelecer os limiares através da cooperação regional ou sub-regional.</p>	
	<p>D4C3 – Secundário:</p> <p>A distribuição dos indivíduos por tamanho em todo o grupo trófico não é negativamente afetada por pressões antropogénicas.</p> <p>Os Estados-Membros devem estabelecer os limiares através da cooperação regional ou sub-regional.</p>	
	<p>D4C4 – Secundário:</p> <p>A produtividade do grupo trófico não é negativamente afetada por pressões antropogénicas.</p> <p>Os Estados-Membros devem estabelecer os limiares através da cooperação regional ou sub-regional.</p>	

O reduzido grau de conhecimento e de dados disponíveis para este descritor foram também reconhecidos no relatório de avaliação inicial (MAMAOT, 2012a). Foi recomendado que deveria ser feita mais investigação e que seria essencial monitorizar o estado e as tendências das redes alimentares marinhas a fim de recolher as informações necessárias para avaliar o BEA com um bom nível de confiança.

As áreas de avaliação apresentam diferenças ao nível da estrutura das comunidades marinhas. As alterações nas teias tróficas eventualmente detetadas numa determinada área poderão ser causadas por pressões antropogénicas que ocorrem noutras áreas (dependendo dos grupos da teia trófica em causa). Dadas as diferentes escalas temporais e

especiais em que ocorrem os complexos processos no seio de uma teia trófica, será difícil ou mesmo impraticável estabelecer uma relação de causa-efeito para as alterações eventualmente detetadas.

4.1.1. Relatório de avaliação inicial

Devido à reduzida disponibilidade de dados, apenas dois dos critérios (em três) definidos na **Decisão da Comissão 2010/477/UE foram avaliados** no primeiro ciclo de aplicação da Diretiva-Quadro “Estratégia Marinha” (DQEM). **Na ausência de limiares de referência de BEA**, a avaliação baseou-se na análise temporal de uma média móvel (a 5 anos) dos indicadores. Se a série temporal de estimativas da média móvel dos últimos 5 anos indicasse uma tendência decrescente então o BEA não era atingido. Se a média dos últimos 5 anos indicasse uma tendência crescente ou constante então o BEA era atingido (MAMAOT, 2012a). O resumo da avaliação inicial para este descritor é apresentado na tabela 4.2, com os indicadores associados e a classificação do BEA para cada critério nas três áreas de avaliação (A, B, C) e no total da subdivisão do Continente. Outros elementos sobre o estado da teia trófica foram analisados no primeiro ciclo de avaliação, mas a informação obtida revelou-se insuficiente e não foi considerada para a avaliação do D4 na subdivisão do Continente (MAMAOT, 2012a). Em virtude da inexistência de dados, este descritor não foi avaliado na subdivisão da Plataforma Continental Estendida no primeiro ciclo de aplicação da DQEM (MAMAOT 2012b).

Tabela 4.2. Resumo dos métodos utilizados e avaliação do BEA do D4 na subdivisão do Continente durante o primeiro ciclo de aplicação da DQEM (adaptado de MAMAOT, 2012a).

Critérios	Metodologia	Área	Avaliação do BEA
4.1. Fluxos de energia da teia trófica	Rácio biomassa HKE/WHB*	Total	Atingido
	Rácio biomassa HKE/HOM*	Total	Atingido
	Rácio biomassa RJC/I-POH*	Total	Atingido
	Nível Trófico Marinho	Total	Atingido
		A	Atingido
		B	Atingido
		C	Atingido
4.2. Dimensão e Estrutura da teia trófica	Proporção de peixes grandes	Total	Atingido
		A	Atingido
		B	Atingido
		C	Atingido

O Nível Trófico Marinho e Proporção de Peixes Grandes são novamente utilizados neste ciclo de avaliação e estão descritos nas secções metodológicas seguintes.

4.2. Metodologias e dados disponíveis

Face à inexistência de uma monitorização específica para o descritor 4, os dados disponíveis para esta reavaliação são, analogamente ao primeiro ciclo de avaliação, reduzidos e dispersos. A avaliação dos critérios do D4 foi, sempre que possível, realizada de acordo com os elementos dos critérios e normas metodológicas constantes na nova Decisão (UE) 2017/848 da Comissão (Tabela 4.1), **garantindo a continuidade e consistência com as metodologias e áreas de avaliação propostas no relatório de avaliação inicial**. Na avaliação deste descritor apenas foram considerados os elementos das cadeias alimentares sobre os quais existem séries temporais de dados com a resolução necessária (espacial e temporal) para permitir uma avaliação quantitativa dos critérios definidos na Decisão (UE) 2017/848 da Comissão.

Em face dos novos critérios e normas metodológicas foi decidido que a presente avaliação incluiria a análise de toda a série de dados disponível.

4.2.1. Elementos dos critérios e normas metodológicas

Os grupos tróficos, enquanto elementos dos critérios, foram selecionados com base no conceito estabelecido de nível trófico (TL, Lindeman, 1942), com as espécies que exploram recursos tróficos semelhantes agrupadas em categorias de nível trófico. Esta abordagem por níveis tróficos permite uma melhor caracterização da estrutura e função das teias alimentares, evitando o método, por vezes bastante subjetivo, de agrupar e discriminar espécies por grupos tróficos baseados no mesmo tipo de alimentação (Pauly & Palomares, 2005, Pauly & Watson, 2005, Shannon et al., 2014a, Shannon et al., 2014b). A atribuição de um nível trófico às espécies consideradas na presente avaliação, permitiu classificar diferentes grupos tróficos pela respetiva posição na cadeia alimentar. Diversas abordagens ao conceito de grupo trófico, como elementos da avaliação ambiental, são referidas em ICES (2015) e esta metodologia para agrupar os elementos dos critérios para o D4 foi considerada a mais apropriada, dada a informação disponível.

Para assegurar consistência com o primeiro ciclo de avaliação, a Proporção de Peixes Grandes e o Nível Trófico Marinho foram atualizados para efetuar a avaliação segundo os novos critérios D4C1 e D4C2, respetivamente. Em complemento a estes dois métodos

utilizados em ambos os ciclos de avaliação é estimado o espectro trófico de biomassa (BTS – “Biomass Trophic Spectra”), uma das metodologias sugeridas pela convenção OSPAR (D4 FW8) para a avaliação das teias alimentares. O BTS, porque permite uma caracterização, tanto da **estrutura como da função trófica** de um ecossistema (Gascuel et al., 2005, Rombouts et al., 2013, Shannon et al., 2014), é usado na avaliação ambiental dos dois critérios primários do D4. Estas metodologias estão descritas nas secções 4.2.4, 4.2.5 e 4.2.6.

4.2.2. Fontes de dados

Privilegiaram-se fontes de dados independentes das pescarias provenientes de campanhas de investigação e monitorização do IPMA, I.P., que decorrem no âmbito do Programa Nacional de Amostragem Biológica (PNAB/DCF). Estas campanhas têm um esquema de amostragem uniformizado, que permite a utilização da informação recolhida para uma avaliação quantitativa do BEA ao longo da série histórica disponível (1989-2017) e resultados comparáveis com os do relatório de avaliação inicial entre as áreas de avaliação consideradas na subdivisão do Continente.

Para a avaliação do D4, as metodologias foram também aplicadas aos dados de desembarques de 2003 a 2017 de espécies comerciais, incluindo espécies demersais e semi-pelágicas, pequenos e grandes pelágicos, elasmobrânquios, cefalópodes, bivalves e crustáceos, representando uma percentagem acumulada de mais de 90% dos desembarques em Portugal Continental para o período 2012-2017. A utilização simultânea destas duas fontes de dados permitiu uma avaliação mais inclusiva deste descritor, relativamente ao relatório de avaliação inicial, com a informação complementar dos desembarques a proporcionar uma maior representatividade de espécies.

4.2.3. Áreas de avaliação

4.2.3.1. Subdivisão do Continente

As áreas de avaliação na subdivisão do Continente obedeceram às delimitações definidas no relatório de avaliação inicial deste descritor e são consistentes com os outros elementos pertinentes do tema ecossistemas (D1 e D6) da DQEM.

Área A – Noroeste da subdivisão do Continente (Caminha – Cabo Carvoeiro)

Área B – Sudoeste da subdivisão do Continente (Cabo Carvoeiro – Ponta da Piedade)

Área C – Sul da subdivisão do Continente (Ponta da Piedade – Vila Real de Santo

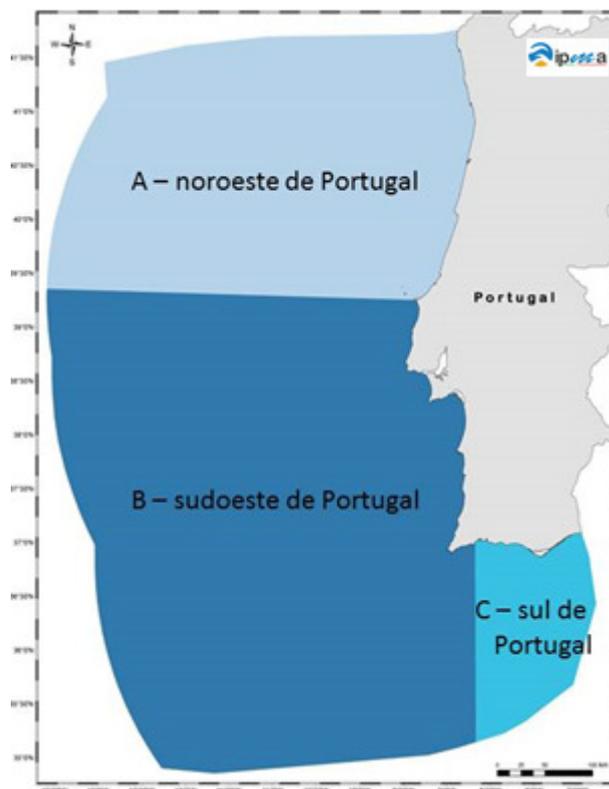


Figura 4.1. Áreas de avaliação do D4 na subdivisão do Continente.

4.2.3.2. Subdivisão da Plataforma Continental Estendida

Foi também analisada a adequabilidade da informação disponível para a avaliação do descritor 4 na subdivisão da Plataforma Continental Estendida, concluindo-se que a sua resolução não era adequada para uma avaliação consistente deste descritor naquela subdivisão.

4.2.4. Critérios D4C1 e D4C3: Proporção de Peixes Grandes

A Proporção de Peixes Grandes (LFI – “Large Fish Indicator”) baseia-se no conceito de tamanho como indicador da estrutura das cadeias tróficas e foi utilizado na avaliação do critério primário D4C1 e do critério secundário D4C3. Nas comunidades de peixes explorados há evidências de que indicadores baseados no tamanho dos indivíduos são apropriados para monitorizar a estrutura da teia trófica refletindo o estado de uma comunidade de peixes sujeita a diferentes níveis de intensidade de pesca. Ao descrever a proporção (em peso) da comunidade de peixes superior a um determinado limite de comprimento, relativamente ao total da biomassa, este indicador pode ser usado como uma medida do estado de abundância relativa de predadores de topo, cujo valor abaixo de certos limites, pode indicar uma reduzida diversidade funcional da teia trófica. Por peixes grandes

entende-se espécies de longevidade elevada com dieta piscívora, excluindo, por exemplo, espécies planctívoras de grandes dimensões (Greenstreet et al., 2011; Shephard et al., 2011). A OSPAR (D4 FW3) selecionou o LFI como um indicador para o objetivo de qualidade ecológica e é um dos indicadores recomendados no âmbito do PNAB/DCF (ICES, 2013) que utiliza a informação das abundâncias recolhidas em campanhas científicas de monitorização dos recursos.

A metodologia utilizada para o cálculo deste indicador segue as recomendações de Greenstreet et al. (2011), Shephard et al. (2011) e ICES (2013). As capturas em número (standardizadas para arrastos de uma hora de duração) por espécie (k) e classe de comprimento (L) das estações de pesca (arrastos de fundo superiores a 15 minutos) das campanhas de monitorização de arrasto de fundo do IPMA, foram convertidas em abundâncias em número ($N_{k,L}$) estimando-se a média estratificada correspondente a cada área de avaliação segundo o método de Cochran (1960):

$$\bar{N}_{k,L,área} = \frac{\sum^H U_h \bar{N}_{k,L,h}}{U_{área}} \quad (\text{equação 4.1})$$

Onde, U_h é o número de unidades de amostragem no estrato h e $N_{k,L,h}$ o número médio de indivíduos por hora de arrasto da espécie k na classe de comprimento L e no estrato h . $U_{área}$ é o numero total de unidades de amostragem em cada subárea de avaliação (Tabela 4.4). Esta metodologia é considerada apropriada para lidar com a variabilidade das observações provenientes do desenho de amostragem das campanhas de monitorização de arrasto de fundo (ICES, 2010) e assegura estimativas comparáveis no período de avaliação. Na presente avaliação, foram considerados os dados das campanhas a partir do ano de 1989, com um desenho de amostragem que inclui estações de pesca fixas distribuídas por 12 setores geográficos e três intervalos de profundidade (1:20-100 m; 2:101-200 m; e 3:201-500 m); os estratos foram agrupados para corresponder a cada área de avaliação (Tabela 4.3).

As estimativas de abundância em número (num.h^{-1}) por classe de comprimento de cada espécie foram convertidas em biomassa ($B_{k,L} = N_{k,L} W_{k,L}$) usando a relação peso-comprimento ($W=\alpha L^\beta$) da espécie. Para as espécies regularmente amostradas pelo IPMA, I.P., os parâmetros α e β foram estimados a partir dos dados de peso e comprimento recolhidos nas campanhas e para as restantes espécies foram obtidos de diferentes estudos regionais publicados ou documentados.

Tabela 4.3. Descrição dos estratos considerados nas campanhas de investigação de arrasto de fundo do IPMA. Unidade de amostragem: retângulos de 5x5 milhas náuticas.

Estrato (h)	Unidades de amostragem (U)	Área de avaliação	Estrato (h)	Unidades de amostragem(U)	Área de avaliação
CAM1	17	A	SIN1	7	B
CAM2	11	A	SIN2	14	B
CAM3	2	A	SIN3	8	B
MAT1	16	A	MIL1	3	B
MAT2	12	A	MIL2	5	B
MAT3	2	A	MIL3	7	B
AVE1	17	A	ARR1	6	B
AVE2	15	A	ARR2	6	B
AVE3	3	A	ARR3	6	B
FIG1	14	A	SAG1	2	B
FIG2	23	A	SAG2	3	B
FIG3	5	A	SAG3	3	B
BER1	10	A	POR1	12	C
BER2	13	A	POR2	6	C
BER3	3	A	POR3	4	C
LIS1	18	B	VSA1	6	C
LIS2	21	B	VSA2	2	C
LIS3	12	B	VSA3	3	C

O LFI foi calculado para cada ano i , dividindo a biomassa de todas as espécies superiores a um determinado limite de comprimento ($B_{\geq L_{lim}}$) pela biomassa total (B_{total}). Análises preliminares revelaram que para as águas continentais portuguesas o limite de 30cm é considerado o mais apropriado para reduzir a sensibilidade deste indicador à variabilidade ambiental (ICES 2011, 2013; MAMAOT, 2012a):

$$LFI_i = \frac{B_{\geq L_{lim},i}}{B_{total,i}} \quad (\text{equação 4.2})$$

Para aumentar o sinal deste indicador à pressão antropogénica e diminuir a variabilidade associada à capturabilidade da arte, eventos de recrutamento e migrações decorrentes de fatores climáticos (Greenstreet et al., 2011), foram excluídas da análise algumas espécies de comportamento pelágico, tais como a sardinha (*Sardina pilchardus*), biqueirão (*Engraulis encrasicolus*), trombeteiro (*Macroramphosus* spp.) e carapau-negrão (*Trachurus picturatus*). Para assegurar que as variações deste indicador refletem mudanças reais nas comunidades marinhas específicas para cada área de avaliação, apenas foram incluídas espécies que ocorreram em pelo menos metade dos anos amostrados e que ocorreram, em média, em mais de 5% dos arrastos realizados (ICES, 2013; Modica et al., 2014). As espécies selecionadas por área de avaliação estão descritas na Tabela II do Anexo a este relatório.

O limite de referência para o LFI não está estabelecido para as águas portuguesas. Na presente avaliação é admitido que se a tendência estatística (cf. secção 4.2.7) da série histórica é crescente ou constante não existem pressões antropogénicas significativas e que a abundância relativa das espécies assinalada por este método indica que o critério primário D4C1 e o critério secundário D4C3 atingem o BEA. Se a tendência estatística for decrescente considera-se que os critérios não atingiram o BEA.

4.2.5. Critério D4C2: Nível Trófico Marinho

As atividades antropogénicas podem desestabilizar o equilíbrio das cadeias alimentares e causar uma diminuição do nível trófico médio das espécies comerciais (Pauly et al., 1998; Pauly & Palomares, 2005). O Nível Trófico Marinho (MTL - “*Marine Trophic Level*”, em inglês) foi usado na avaliação ambiental do critério D4C2. Esta metodologia é proposta pela OSPAR (D4 FW4) e permite detetar alterações nas relações entre os diferentes componentes da teia trófica, desde os predadores de topo com nível trófico elevado até aos planctívoros e invertebrados de baixo nível trófico. O MTL é calculado para cada ano i a partir da seguinte equação:

$$MTL_{desembarques} = \frac{\sum TL_{ki} \times Y_{ki}}{\sum Y_{ki}} \quad (\text{equação 4.3})$$

onde Y_k corresponde aos desembarques das k espécies comerciais e TL_k é o nível trófico associado a cada espécie, estimado em diferentes estudos, mas maioritariamente recolhidos das bases de dados online “FishBase.org” (Froese & Pauly, 2008) e “SeaLifeBase.org” (Palomares & Pauly, 2018).

O $MTL_{desembarques}$ foi estimado com base nas espécies comerciais consideradas para a avaliação do descritor 3, incluindo espécies demersais e semi-pelágicas, pequenos e grandes pelágicos, elasmobrânquios, cefalópodes, bivalves e crustáceos (descritas na tabela I do Anexo a este relatório). Os desembarques foram agrupados por porto de desembarque de modo a corresponder às áreas de avaliação da subdivisão do Continente. O período considerado para a avaliação foi de 2003 a 2017 para assegurar o detalhe necessário nas estatísticas ao nível da espécie e estimativas comparáveis no período considerado para avaliação.

O $MTL_{desembarques}$ reflete também o comportamento da frota piscatória (Pauly & Palomares, 2005); como tal, consideramos que o MTL calculado com base numa fonte de dados independente da pesca pode ajudar a melhorar a avaliação do critério D4C2. O $MTL_{comunidade}$

calculado a partir dos dados das campanhas de investigação e monitorização dos recursos marinhos é estimado para cada ano i a partir da seguinte equação:

$$MTL_{comunidade} = \frac{\sum TL_{ki} \times B_{ki}}{\sum B_{ki}} \quad (\text{equação 4.3.1})$$

onde B_k corresponde à biomassa média estratificada (kg.h^{-1}) estimada pela equação 4.1 com a estratificação descrita na tabela 4.4. Para este indicador são usadas as abundâncias estimadas da maioria das espécies observadas nas campanhas de investigação desde 1989 com mais de 300 espécies identificadas (descritas na Tabela III do Anexo a este relatório). São usados limites mínimos de TL para agrupar espécies em grupos tróficos ou excluir espécies mais sensíveis à variabilidade ambiental, aumentando a sensibilidade destes indicadores aos efeitos da pesca. As biomassas e capturas de espécies com $TL \geq 2.0$, $TL \geq 3.25$ e $TL \geq 4.0$ foram agrupadas para avaliar as séries de estimativas do $MTL_{desembarques}$ e $MTL_{comunidade}$ por diferentes grupos tróficos, considerando-se estes limiares como representativos das espécies consumidoras (MTL), consumidores secundários ($MTL \geq 3.25$) e predadores ($MTL \geq 4.0$) (Shannon et al., 2014a).

4.2.6. Critérios D4C1 e D4C2: Espectro Trófico de Biomassa

As metodologias utilizadas no relatório inicial e na presente avaliação são complementadas pela introdução do Espectro Trófico de Biomassa (BTS – “Biomass Trophic Spectra”). Este método foi usado para avaliar o impacto das pressões antropogénicas na estrutura e função trófica em diversos ecossistemas (Rombouts et al., 2013), e é usado na presente avaliação em complemento aos métodos descritos nas secções anteriores para avaliar o D4C1 e D4C2. O BTS foi calculado com base nas estimativas de biomassa das campanhas de investigação e nos desembarques por espécie e TL, aplicando a metodologia descrita nas secções anteriores. Para cada ano, as biomassas e desembarques das espécies foram agrupadas pelos seus níveis tróficos considerando frações de $TL \cdot 0.1$ entre $2.0 \leq TLs \leq 4.6$. Uma vez que o TL pode mudar durante o ciclo de vida de cada espécie, a posição trófica de uma determinada espécie é melhor caracterizada por uma banda de TLs fracionários em vez de um único valor médio (Jennings et al., 2002). Existem diferentes metodologias para estimar a dispersão desta banda (e.g. Libralato & Solidoro, 2010); nesta avaliação utilizamos o método proposto por Gascuel et al. (2005) onde o espectro é calculado com base numa média móvel centrada e ponderada de grau 7. Em cada fração de TLs e para cada quantidade X (desembarques ou biomassas), o valor do espectro $\phi_X(TL)$ é estimado segundo:

$$\phi_x(TL) = \frac{1}{27}X_{TL-0.3} + \frac{3}{27}X_{TL-0.2} + \frac{6}{27}X_{TL-0.1} + \frac{7}{27}X_{TL} + \frac{6}{27}X_{TL+0.1} + \frac{3}{27}X_{TL+0.2} + \frac{1}{27}X_{TL+0.3}$$

Sendo o BTS uma distribuição e não uma métrica tradicional, o método de avaliação ambiental pode basear-se numa comparação com um período médio de referência (Gascuel et al., 2005). Seguindo Gascuel et al. (2002, 2005) e dado o período de dados utilizado na presente avaliação, a distribuição média do $\phi_x(TL)$ dos últimos 5 anos (2013–2017) para as capturas e 10 anos (2008–2017) para as biomassas, foi comparada com a distribuição de $\phi_x(TL)$ em iguais períodos no início da série histórica disponível: 2003–2007 nas capturas e 1989–1998 nas biomassas. Para avaliar a ocorrência de mudanças significativas na estrutura do espectro trófico foi utilizado o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (teste KS) em que na hipótese H_0 : as duas amostras de BTS vêm da mesma distribuição (não especificando qual é esta distribuição comum) e na hipótese H_1 : as duas amostras de BTS não vêm da mesma distribuição. O nível de significância estabelecido para o teste foi 5% (valor- $p=0.05$). O teste KS para este caso particular permite comparar a distribuição do espectro trófico cumulativo de biomassas/capturas por TL, entre o período de referência e o período mais recente de avaliação. Esta abordagem holística permite a avaliação num contínuo de grupos tróficos.

4.2.7. Metodologia para a avaliação do Bom Estado Ambiental

Reconhecendo que são necessários novos progressos científicos e técnicos para determinar limiares de referência para a avaliação ambiental deste descritor (MAMAOT 2012a; ICES, 2015; UE, 2017), admite-se na presente avaliação, que se a tendência do LFI e MTL, descritos nas secções 4.2.4 e 4.2.5 para avaliar os critérios D4C1 e D4C2, é crescente ou constante não existem pressões antropogénicas significativas e os critérios atingem o BEA. Se a tendência das estimativas destes métodos é decrescente, considera-se que os critérios não atingiram o BEA. Além da análise individual de tendência do MTL, foi também importante analisar se a tendência no conjunto dos três grupos tróficos considerados é semelhante; tendências opostas entre grupos tróficos podem indicar desequilíbrios provocados por pressões antropogénicas. A análise de tendências dos métodos propostos foi efetuada por intermédio do teste não paramétrico de Mann-Kendall em que na hipótese H_0 : as observações do indicador são independentes e identicamente distribuídas (não há tendência consistente) e na hipótese H_1 : as observações do indicador possuem tendência monotónica no tempo (há tendência consistente). O nível de significância estabelecido para o teste foi 5% (valor- $p=0.05$). Este teste não paramétrico não exige a normalidade dos dados sendo bastante utilizado na análise de dados ambientais e biológicos para distinguir

tendências consistentes (crescente ou decrescente) de variabilidade ambiental (Hipel & McLeod, 2005).

Para avaliar a ocorrência de mudanças significativas na estrutura do espectro trófico foi utilizado o teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (teste KS) em que na hipótese H_0 : as duas amostras de BTS vêm da mesma distribuição (não especificando qual é esta distribuição comum) e na hipótese H_1 : as duas amostras de BTS não vêm da mesma distribuição. O nível de significância estabelecido para o teste foi 5% (valor- $p=0.05$). O teste KS para este caso particular permite comparar a distribuição do espectro trófico cumulativo de biomassa/capturas por TL, entre o período de referência mais antigo e o período mais recente de avaliação. As propriedades da distribuição da biomassa acumulada por TL foram observadas em diferentes ecossistemas e são consideradas como potenciais indicadoras de estado ambiental do D4 no contexto da DQEM (Pranovi et al., 2014). Os resultados permitem avaliar se a distribuição do espectro trófico sofreu alguma alteração nos níveis de abundância de biomassa/capturas por TL e no equilíbrio da sua abundância. Esta abordagem holística permite a avaliação num contínuo de grupos tróficos e serve de apoio à presente avaliação dos critérios D4C1 e D4C2, em simultâneo com o LFI e MTL.

A avaliação de cada critério é acompanhada de um grau de confiança qualitativo (baixo, moderado, elevado) baseado na interpretação dos resultados dos testes de Mann-Kendall e Kolmogorov-Smirnov e, em alguns casos, na magnitude do valor- p associado. O Bom Estado Ambiental para o Descritor 4 só é atingido se o bom estado ambiental for atingido nos dois critérios D4C1 e D4C2.

4.2.8. Outras metodologias que acompanham esta avaliação

A abordagem por TL e as metodologias usadas na presente avaliação permitem a avaliação ambiental num contínuo de grupos tróficos. No entanto, o tipo de informação disponível sobre grupos de espécies que se encontram na base (TL < 2.5) e no topo (ex. aves marinhas e mamíferos, TL > 4.5) da teia alimentar não permitiu a sua integração nos métodos considerados nas secções anteriores. A análise de tendências de abundâncias e densidades destes grupos é apresentada na secção do descritor 1 para aves, mamíferos marinhos, zooplâncton e fitoplâncton, e complementa esta avaliação enquadrada no tema “ecossistemas” relativo ao descritor 1.

4.3. Avaliação do Bom Estado Ambiental

4.3.1. Critério D4C1

Proporção de Peixes Grandes (LFI)

O número de espécies selecionadas para o cálculo do LFI variou em cada área de avaliação. Seguindo os critérios de seleção de espécies, na área A foram consideradas 33 espécies, na área B foram selecionadas 47 espécies e na área C foram selecionadas 27 espécies¹. A proporção (em peso) de peixes maiores de 30cm nas áreas de avaliação A, B, C apresenta-se na figura 4.2. As estimativas apresentam grande variabilidade ao longo da série disponível de 1989 a 2017, que poderá ser induzida por fatores ambientais. A tendência geral do LFI é apresentada na figura 4.1 usando um ajuste polinomial de sexto grau que permite reduzir a sensibilidade à variabilidade ambiental (Greenstreet et al., 2011; Shephard et al., 2011).

Os valores médios do LFI são muito semelhantes entre as áreas A e C e ligeiramente mais elevado na área B. Por simples análise visual da linha de tendência, conclui-se que o LFI apresenta uma tendência crescente na área A e constante nas áreas B e C durante o período de avaliação.

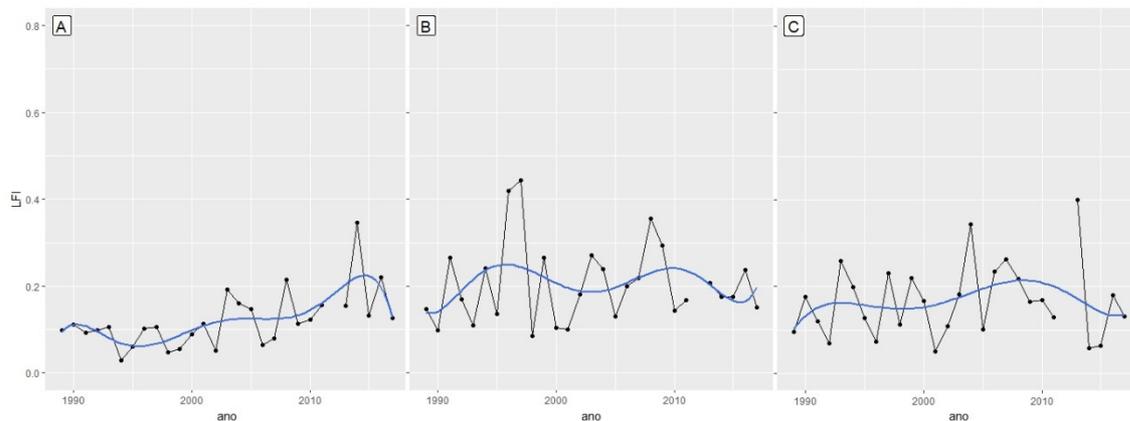


Figura 4.2. Proporção de Peixes Grandes (LFI) para as subdivisões A, B, C de 1989-2017. A linha de tendência (azul) baseia-se num ajuste polinomial de sexto grau que permite reduzir a sensibilidade deste indicador à variabilidade ambiental. No ano de 2012, o IPMA, I.P. não realizou campanhas de investigação.

O teste não paramétrico de Mann-Kendall (teste MK) avaliou a existência (ou não) de tendências estatísticas significativas crescentes ou decrescentes de 1989 a 2017. Mantendo a definição apresentada no relatório de avaliação inicial do D4, se a tendência do LFI for decrescente considera-se que o critério não atingiu o BEA. Se a tendência do LFI for constante ou crescente considera-se que o critério atingiu o BEA com um grau de confiança moderado ou elevado, respetivamente. A tabela 4.4 apresenta os resultados do teste MK

¹A lista completa das espécies consideradas para este indicador é apresentada num anexo a este relatório.

aplicado para a avaliação das tendências do critério D4C1 (e D4C3). O LFI apresenta uma tendência crescente significativa na área A (valor- $p = 0.002$); nas áreas B e C não se verifica nenhuma tendência significativa (valor- $p > 0.05$). Estes resultados sugerem que o critério D4C1 atinge o BEA em todas as áreas, embora com diferentes graus de confiança na avaliação.

Tabela 4.4. Avaliação ambiental do critério D4C1 (e D4C3). São apresentados o valor- p do teste MK e a respetiva tendência estatística da estimativa. A confiança dada à avaliação é expressa através de um grau qualitativo que acompanha a avaliação do critério em cada área. moderado (não existe tendência) e elevado (tendência crescente).

Critério	Área	Teste MK rejeição H_0 (valor-p)	Tendência estatística	BEA (Grau de confiança)
D4C1(D4C3)	A	Sim (0.002)	crescente (\uparrow)	Atingido (elevado)
	B	Não (0.567)	constante (\rightarrow)	Atingido (moderado)
	C	Não (0.707)	constante (\rightarrow)	Atingido (moderado)

4.3.2. Critério D4C2

Nível Trófico Marinho – Desembarques

A evolução do $MTL_{desembarques}$ estimado para um total de 64 espécies (apresentadas na Tabela 4.3) nas três áreas de avaliação e para os diferentes grupos tróficos $MTL \geq 3.25$ (grupo espécies com $TL \geq 3.25$), $MTL \geq 4.0$ (grupo espécies com $TL \geq 4.0$) e MTL (todos os consumidores) está representado na figura 4.3. Por simples análise visual, o MTL e o $MTL \geq 4.0$ apresentam uma tendência crescente ou estável nas três áreas. O grupo $MTL \geq 3.25$ apresenta uma ligeira tendência decrescente nas áreas A e B.

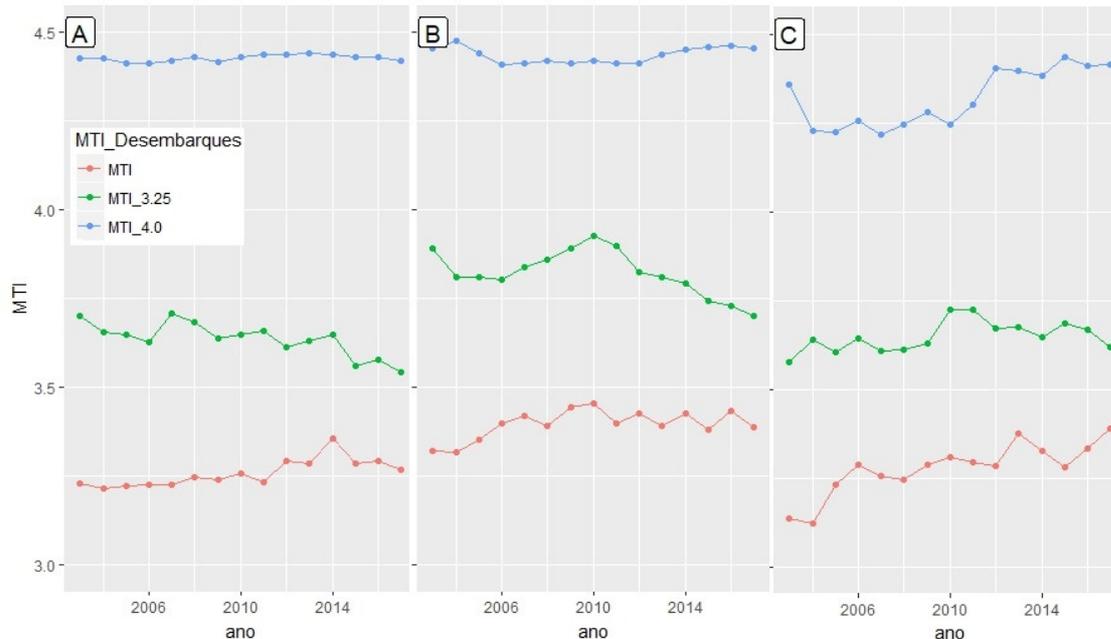


Figura 4.3. Nível Trófico Marinho ($MTL_{desembarques}$) estimado de 2003 a 2017 com base nos dados de desembarques de 64 espécies para as áreas de avaliação A, B e C. MTL – grupo de espécies TL ≥ 2.0 . MTL_3.25 – grupo de espécies com TL ≥ 3.25 . MTL_4.0 – grupo de espécies com TL ≥ 4.0 .

A tabela 4.5 apresenta os resultados do teste MK de tendências para o $MTL_{desembarques}$ nos diferentes grupos tróficos. A tendência decrescente do $MTL \geq 3.25$ nas áreas A e B é confirmada estatisticamente pelo teste MK (valor- $p=0.007$ e valor- $p=0.048$). Para este critério de equilíbrio D4C2, além da análise individual de tendência, também é importante avaliar se as tendências no conjunto dos três grupos tróficos são coerentes e apresentam o mesmo sinal nas áreas de avaliação. Na área A, apesar da tendência geral do MTL ser crescente e indicadora de bom estado ambiental, o grupo $MTL \geq 3.25$ e o grupo $MTL \geq 4.0$ apresentaram, respetivamente, uma tendência decrescente e constante, indicando que o critério atinge o BEA mas com um baixo nível de confiança. Na área B, a tendência constante no MTL associada às tendências opostas entre os grupos $MTL \geq 3.25$ (decrescente) e $MTL \geq 4.0$ (crescente) indica um desequilíbrio na abundância entre estes grupos tróficos e que o critério D4C2 não atingiu o BEA nesta área (Tabela 4.5).

A trajetória deste indicador baseada em desembarques pode refletir o comportamento da frota piscatória associado a mecanismos de estabilização de mercado e/ou medidas de gestão com mudanças apenas nas espécies comercialmente exploradas.

Tabela 4.5. Avaliação do critério D4C2. O valor- p do teste MK é apresentado e a respetiva tendência estatística das estimativas pelos grupos tróficos. A avaliação do D4C2 é simultaneamente efetuada pela análise individual de tendência e pela coerência nas tendências dos três níveis tróficos. A confiança dada à avaliação do critério em cada área é expressa através de um grau qualitativo: baixo (tendências opostas) e elevado (tendências equivalentes).

Critério	Método/grupo trófico	Área	Teste MK rejeição H_0 (valor- p)	Tendência estatística	BEA (confiança)
D4C2	$MTL_{desembarques}$	A	Sim (<0.001)	crescente (↑)	Atingido (baixo)
	$MTL \geq 3.25$	A	Sim (0.007)	decrecente(↓)	
	$MTL \geq 4.0$	A	Não (0.075)	constante (→)	
D4C2	$MTL_{desembarques}$	B	Não (0.138)	constante (→)	Não Atingido (baixo)
	$MTL \geq 3.25$	B	Sim (0.048)	decrecente(↓)	
	$MTL \geq 4.0$	B	Sim (0.002)	crescente (↑)	
D4C2	$MTL_{desembarques}$	C	Sim (0.001)	crescente (↑)	Atingido (elevado)
	$MTL \geq 3.25$	C	Sim (0.047)	crescente (↑)	
	$MTL \geq 4.0$	C	Sim (0.002)	crescente (↑)	

Nível Trófico Marinho – Comunidade

Para a avaliação do critério D4C2, o $MTL_{comunidade}$, independente da pesca, porque estimado a partir das espécies amostradas nas campanhas de investigação do IPMA, I.P., englobou mais de 300 espécies de peixes, crustáceos e moluscos de 1989 a 2017².

As estimativas do $MTL_{comunidade}$, $MTL \geq 3.25$ e $MTL \geq 4.0$ estão representadas na figura 4.4. O $MTL_{comunidade}$ apresenta maior variabilidade, provavelmente por ser mais sensível a fatores ambientais enquanto o $MTL_{comunidade} \geq 3.25$ parece reduzir alguma dessa sensibilidade. Para facilitar a análise visual e distinguir a resposta deste indicador à pressão antropogénica apresenta-se também uma linha de tendência suavizada. A área C, apresentou uma maior variabilidade de valores enquanto que as áreas A e B apresentaram uma maior estabilidade. As tendências do $MTL_{comunidade}$ e $MTL \geq 3.25$ parecem ser muito semelhantes dentro das áreas A, B e C, o que revela algum equilíbrio na abundância entre estes grupos tróficos, contrariamente ao que foi observado nas estimativas do MTL com dados de desembarques.

² A lista completa das espécies consideradas para este indicador é apresentada num anexo a este relatório.

Comparativamente, a variabilidade do grupo $MTL \geq 4.0$ é bastante reduzida e não parece apresentar nenhuma tendência no período de avaliação.

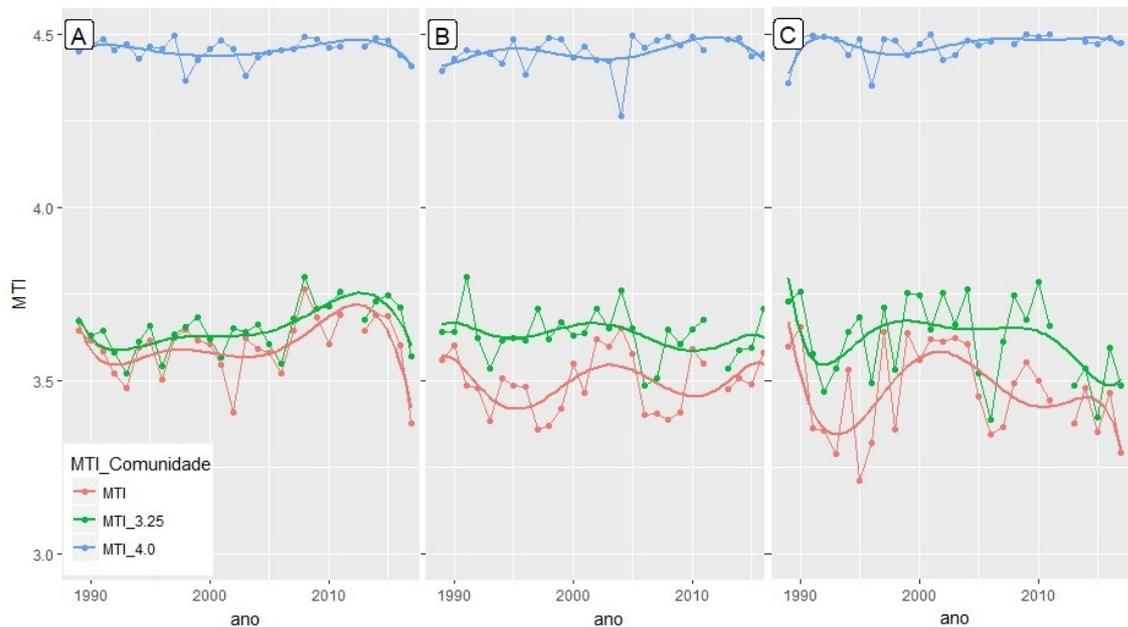


Figura 4.4. Nível Trófico Marinho ($MTL_{comunidade}$) estimado de 1989 a 2017 com base nos dados das campanhas de investigação do IPMA, I.P. para as áreas A, B e C, apresenta-se também uma linha de tendência suavizada. MTL – grupo de espécies $TL \geq 2.0$. $MTL_{3.25}$ – grupo de espécies com $TL \geq 3.25$. $MTL_{4.0}$ – grupo de espécies com $TL \geq 4.0$. No ano de 2012, o IPMA não realizou campanhas de investigação.

A tabela 4.6 apresenta os resultados do teste MK de tendências para o $MTL_{comunidade}$ nos diferentes limites tróficos. A análise das estimativas tanto individualmente como entre grupos em cada área parece indicar uma estabilidade e equilíbrio na abundância dos grupos tróficos nas três áreas de avaliação.

Tabela 4.6. Avaliação do critério D4C2. São apresentados o valor- p do teste MK e a respetiva tendência estatística das estimativas pelos grupos tróficos. A avaliação do D4C2 é simultaneamente efetuada pela análise individual de tendência e pela coerência nas tendências dos três níveis tróficos. A confiança dada à avaliação é expressa através de um grau qualitativo: baixo (tendências opostas), moderado (tendências constantes e/ou equivalentes) e elevado (tendências crescentes e/ou equivalentes).

Critério	Método/grupo trófico	Área	Teste MK rejeição H_0 (valor- p)	Tendência estatística	BEA (confiança)
D4C2	$MTL_{comunidade}$	A	Não (0.161)	nula (\rightarrow)	Atingido (baixo)
	$MTL_{3.25}$	A	Sim (0.008)	crescente (\uparrow)	
	$MTL_{4.0}$	A	Não (0.707)	nula (\rightarrow)	

	MTL _{comunidade}	B	Não (0.649)	nula (→)	Atingido (moderado)
D4C2	MTL_3.25	B	Não (0.441)	nula (→)	
	MTL_4.0	B	Não (0.244)	nula (→)	
	MTL _{comunidade}	C	Não (0.277)	nula (→)	Atingido (moderado)
D4C2	MTL_3.25	C	Não (0.353)	nula (→)	
	MTL_4.0	C	Não (0.333)	nula (→)	

4.3.3. Espectro trófico: Critérios D4C1 e D4C2

Desembarques e comunidade

O espectro trófico baseado nos desembarques e abundâncias das campanhas de investigação do IPMA, I.P. está representado nas figuras 4.5 e 4.6, respetivamente. Na área A e por simples análise visual conclui-se pela possível existência de algumas diferenças nas estimativas do $\phi_x(TL)$ de desembarques para as bandas de $3 < TLs < 3.3$ (Figura 4.5). Na área C, a distribuição do BTS de biomassas e desembarques é muito semelhante, mas o nível do espectro de biomassas entre $3.1 < TLs < 3.7$ é mais elevado no período 2008-2017. Na área B, a simples análise visual não sugere diferenças no nível e distribuição do BTS de biomassas e desembarques entre o período de avaliação e o período considerado para referência. A escassa representatividade de espécies abaixo de $TL < 3$, pode diminuir o grau de confiança das estimativas para estas bandas de TLs.

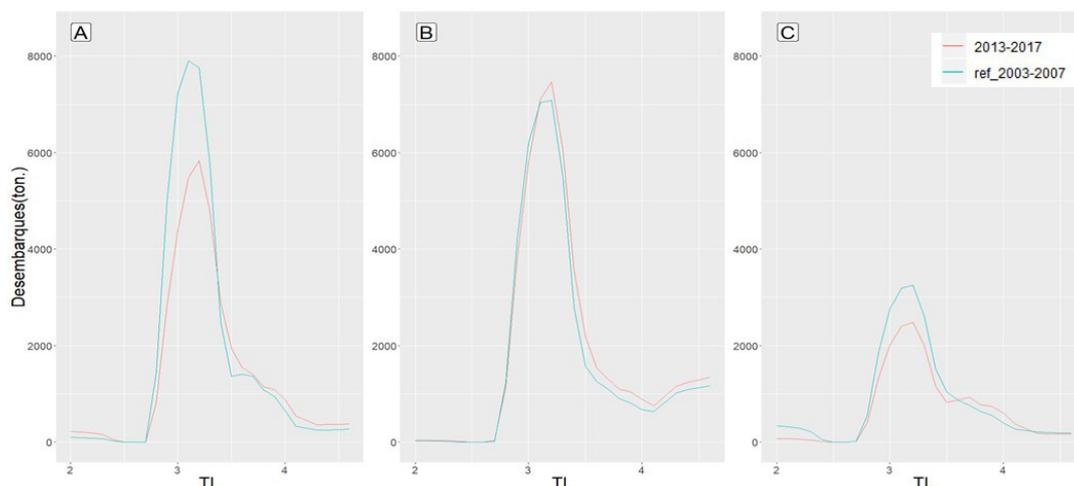


Figura 4.5. Espectro Trófico estimado para a média dos últimos 5 anos (2013-2017) e período de referência (2003-2007) com base nos dados de desembarques para as áreas A, B e C.

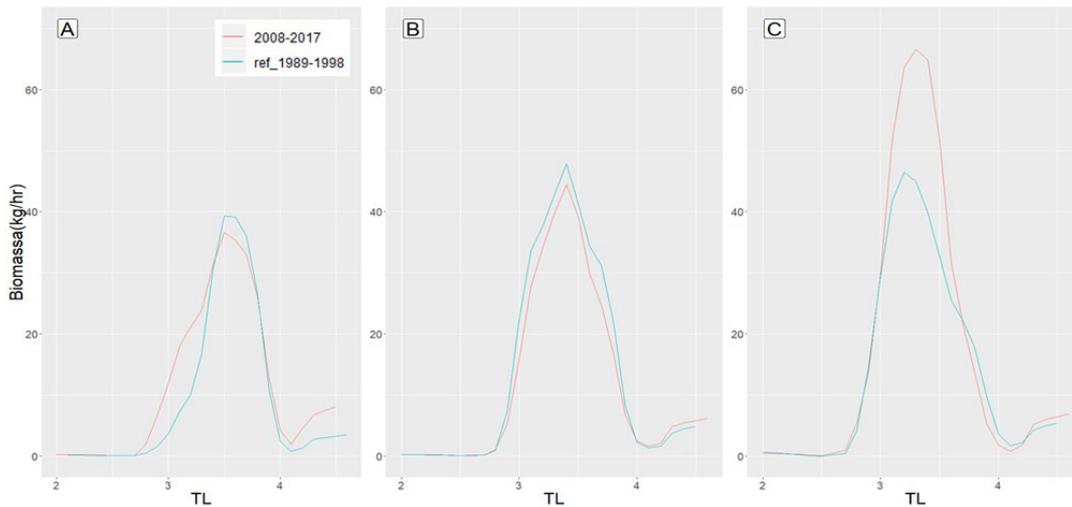


Figura 4.6. Espectro Trófico estimado para a média da última década (2007-2017) e período de referência (1989-1999) com base nos dados das campanhas de investigação do IPMA, I.P. para as áreas A, B, C.

A tabela 4.7 apresenta os resultados do teste Kolmogorov-Smirnov que permitiu comparar o nível e a distribuição do espectro trófico de biomassas/capturas por TL, entre os períodos de avaliação e referência e avaliar simultaneamente os critérios D4C1 e D4C2. Os resultados do teste apontam para que não existam diferenças significativas entre a distribuição do BTS recente e do BTS do período de referência nos desembarques e abundâncias. O teste KS apresentou valores- p muito acima do limiar de significância, evidenciando que não existe suporte estatístico para considerar uma alteração na distribuição e estrutura do BTS entre os períodos considerados, sugerindo que ambos os critérios D4C1 e D4C2 de abundância e equilíbrio atingem o BEA. A análise visual dos espectros tróficos da área B revelou que a estrutura e níveis dos BTS são quase idênticas – apesar de não ser formalmente correto, o elevado nível de rejeição da H_0 no teste KS, sugere um grau de confiança na avaliação dos critérios D4C1 e D4C2 para esta área.

Tabela 4.7. Avaliação dos critérios D4C1 e D4C2. É apresentado o valor- p do teste KS. A confiança dada à avaliação em cada área é expressa através de um grau qualitativo baseado na análise visual dos espectros e na intensidade da não rejeição da H_0 .

Critério	Método	Área	Teste KS rejeição H_0 (valor- p)	BEA (confiança)
D4C1	BTS desembarques	A	Não (0.450)	Atingido (moderado)
D4C2		B	Não (0.978)	Atingido (elevado)
		C	Não (0.781)	Atingido (moderado)

D4C1	BTS biomassa	A	Não (0.454)	Atingido (moderado)
D4C2		B	Não (0.987)	Atingido (elevado)
		C	Não (0.725)	Atingido (moderado)

4.4. Avaliação do estado do D4

A tabela 4.8 resume a avaliação dos critérios primários D4C1 e D4C2 com base nas diferentes metodologias aplicadas e a posterior avaliação do Bom Estado Ambiental (BEA) do Descritor 4. A confiança dada à avaliação do BEA em cada área é expressa através de um grau qualitativo baseado na interpretação conjugada das diferentes metodologias usadas.

No caso particular em que a análise individual do MTLdesembarques revelou que o critério D4C2 não foi atingido para a área de avaliação B (com um grau de confiança baixo), e porque esta análise revelou ser discordante (com um grau de confiança baixo) com os outros métodos, a avaliação do BEA foi efetuada com base na apreciação de todos os indicadores usados nesta área, nomeadamente no elevado grau de estabilidade atingido no nível e na distribuição das biomassas e capturas no contínuo dos níveis tróficos revelado pelo BTS. Poder-se-ia argumentar que no período de referência usado na presente avaliação, a distribuição do BTS já estaria sob elevada pressão antropogénica, mas o facto de o equilíbrio dessa mesma distribuição não se ter alterado entre o período de referência e o período de avaliação (15 a 20 anos), pode indicar uma resiliência da comunidade marinha e ajuste consolidado na estrutura e função trófica, sugerindo que os critérios associados a este descritor não são negativamente afetados pelas pressões antropogénicas e que o D4 está em Bom Estado Ambiental.

Tabela 4.8. Avaliação dos critérios D4C1 e D4C2 para cada metodologia e avaliação final do BEA do Descritor 4 por área de avaliação. A confiança dada à avaliação do BEA é expressa através de um grau qualitativo baseado nos resultados das diferentes metodologias de avaliação.

Critério	Método	BEA (grau de confiança)	Área	BEA (grau de confiança)
D4C1	BTS _{desembarques}	Atingido (moderado)	A	Atingido (baixo)
	BTS _{abundancias}	Atingido (moderado)		
	LFI	Atingido (elevado)		
D4C2	MTL _{desembarques}	Atingido (baixo)	A	

	MTL _{comunidade}	Atingido (baixo)		
	BTS _{desembarques}	Atingido (moderado)		
	BTS _{abundancias}	Atingido (moderado)		
D4C1	BTS _{desembarques}	Atingido (elevado)	B	Atingido (baixo)
	BTS _{abundancias}	Atingido (elevado)		
	LFI	Atingido (moderado)		
D4C2	MTL _{desembarques}	Não atingido (baixo)	B	
	MTL _{comunidade}	Atingido (moderado)		
	BTS _{desembarques}	Atingido (elevado)		
	BTS _{abundancias}	Atingido (elevado)		
D4C1	BTS _{desembarques}	Atingido (moderado)	C	Atingido (moderado)
	BTS _{abundancias}	Atingido (moderado)		
	LFI	Atingido (moderado)		
D4C2	MTL _{desembarques}	Atingido (elevado)	C	
	MTL _{comunidade}	Atingido (moderado)		
	BTS _{desembarques}	Atingido (moderado)		
	BTS _{abundancias}	Atingido (moderado)		

4.5. Considerações finais

Dada a reconhecida complexidade deste descritor a Decisão (UE) 2017/848 da Comissão não sugere metodologias específicas e standardizadas para a caracterização dos novos critérios primários. Consequentemente, não existe metodologia de avaliação específica nem limiares de referência para avaliação do BEA deste descritor. No entanto, considera-se que i) a presente abordagem por níveis tróficos para distinguir os diferentes elementos dos critérios, ii) a utilização dos dados de desembarques para colmatar a deficiente representatividade de espécies em alguns níveis tróficos e iii) a utilização de testes estatísticos quantitativos na análise das metodologias, permitiram melhorar a avaliação deste descritor sem comprometer a continuidade e coerência entre alguns métodos da avaliação inicial e da presente avaliação.

Considera-se ainda que, dada a informação disponível, a metodologia baseada no conceito de nível trófico para agrupar os elementos dos critérios foi a mais adequada para a presente

avaliação do D4, evitando o método, subjetivo e algo discutível, de agrupar espécies por guildas tróficas baseadas no tipo de alimentação. Importa referir que a DQEM, não sendo muito clara a este respeito, aconselha a definição de guildas tróficas baseadas no tipo de alimentação como exemplificado por ICES (2015), mas que este mesmo grupo admite que possam ser usadas diferentes abordagens ao conceito de grupo trófico como elementos dos critérios.

Como constatado na avaliação inicial, a informação disponível sobre a abundância e comportamento alimentar das espécies em todas as componentes da teia alimentar é insuficiente. Mantém-se, pois, a recomendação de prosseguir com a investigação e a monitorização do estado e das tendências das redes alimentares marinhas a fim de recolher as informações necessárias à avaliação do BEA com um maior grau de confiança.

4.6 Referências

- Cochran, W.G., 1960. Sampling Techniques. John Wiley and Sons, Inc., 1st edition.
- Diretiva 2008/56/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 17 de junho de 2008. Jornal Oficial da União Europeia, L164, 25-06-2008: 19-40.
- Froese, R. e Pauly, D. (Eds.) 2008. FishBase.WorldWideWeb Electronic Publication. www.fishbase.org, versão 02/2018.
- Gascuel, D. 2002. Cinquante ans d'évolution des captures & biomasses dans l'Atlantique Centre-Est : Analyse par les spectres trophiques de captures & de biomasses. Actes du symposium international. Dakar (Senegal).
- Gascuel D, Bozec Y M, Chassot E, Colomb A, Laurans M. 2005. The trophic spectrum: theory and application as an ecosystem indicator. ICES Journal of Marine Science, 62 (3): 443-452.
- Greenstreet, S. P. R., Rogers, S. I., Rice, J. C., Piet, G. J., and Guirey, E. J. 2011. Development of the EcoQO for the North Sea fish community. ICES Journal of Marine Science, 68: 1–11.
- Hipel, K.W., McLeod, A.I. 2005. Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems. Reimpressão eletrónica da edição impressa em 1994. Disponível em <http://www.stats.uwo.ca/faculty/aim/1994Book/>.
- ICES. 2015. ICES advice Book 1. ICES special request advice, publicado em 20 de março de 2015.
- ICES. 2013. Report of the Workshop on DCF Indicators, 21 - 25 October 2013. ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2013/ACOM:38. 77p.

- ICES. 2011. Report of the Working Group on the Ecosystem Effects of Fishing Activities (WGECO). ICES CM 2011/ACOM:24.
- ICES. 2010. Manual for the International Bottom Trawl Surveys in the Western and Southern Areas. Lisbon, Portugal, 22–26 March 2010. ICES CM 2010/SSGESST: 06. 58 p.
- Jennings, Simon, Randall, Karema, Mackinson, Steven. 2002. Use of size-based production and stable isotope analyses to predict trophic transfer efficiencies and predator-prey body mass ratios in food webs. *Marine Ecology Progress Series*. 240: 11-20.
- Libralato S, Solidoro C. 2010. Comparing methods for building trophic spectra of ecological data. *ICES Journal of Marine Science*, 67 (3): 426-434.
- Lindeman, R. L. 1942. The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology* 23: 399–418.
- MAMAOT. 2012a. Estratégia Marinha para a subdivisão do Continente. Diretiva-Quadro “Estratégia Marinha”. Ministério da Agricultura do Mar do Ambiente e do Ordenamento do Território. Outubro de 2012, 906 p.
- MAMAOT 2012b. Estratégia Marinha para a subdivisão da Plataforma Continental Estendida. Diretiva Quadro Estratégia Marinha. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. Outubro de 2012, 200 p.
- Modica, L., Velasco F., Preciado, I., Soto, M., Greenstreet S.P.R. 2014. Development of the large fish indicator and associated target for a Northeast Atlantic fish community. *ICES Journal of Marine Science*. 71(9), 2403–2415.
- Palomares, M.L.D. e Pauly, D. (Eds.) 2018. SeaLifeBase. World Wide Web electronic publication. www.sealifebase.org, versão 02/2018
- Pauly, D., V. Christensen, J. Dalsgaard, R. Froese and F.C. Torres Jr. 1998. Fishing down marine food webs. *Science* 279: 860-863.
- Pauly D. e Palomares M.L. 2005. Fishing down marine food web: it is far more pervasive than we thought. *Bulletin of Marine Science* 76, 197–211.
- Pranovi, F., Libralato, S., Zucchetto, M., Link, J. 2014. Biomass accumulation across trophic levels: analysis of landings for the Mediterranean Sea. *Mar. Eco.l Prog. Ser.* 512: 201–216.
- Rombouts, Isabelle & Beaugrand, Gregory & Fizzala, Xavier & Gaill., Françoise & Greenstreet, Simon & Lamare, SI & Le Loc'h, François & McQuatters-Gollop, Abigail & Mialet, Benoit & Niquil, Nathalie & Percelay., J & Renaud., Florent & Rossberg, Axel & Féral, Jean-Pierre. 2013. Food web indicators under the Marine Strategy Framework Directive: From complexity to simplicity?. *Ecological Indicators*. 29: 246-254.
- Shannon, J.L., Coll, M., Bundy, A., Gascuel, D., Heymans, J.J., Kleisner, K., Lynam, C.P., Piroddi, C., Tam, J., Travers-Trolet, M., Shin, Y.J., 2014a. Trophic level-based indicators to track fishing impacts across marine ecosystems. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 512, 115–140.

- Shannon, J.L., Osman, W., Jarre, A. 2014b. Communicating changes in state of the Southern Benguela ecosystem using trophic, model-derived indicators. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 512:217-237.
- Shephard, S., Reid, D. G., and Greenstreet, S. 2011. Interpreting the largefish indicator for the Celtic Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 68: 1963–1972.
- UE. 2010. Decisão da Comissão que estabelece os critérios e as normas metodológicas de avaliação do bom estado ambiental das águas marinhas (2010/447/UE). L 232/14, 2 de setembro de 2010.
- UE. 2017. Decisão da Comissão que estabelece os critérios e as normas metodológicas de avaliação do bom estado ambiental das águas marinhas, bem como especificações e métodos normalizados para a sua monitorização e avaliação, e que revoga a Decisão da Comissão 2010/477/UE (2017/848/UE). L 125/42, 17 de maio de 2017.

Ficha técnica

Coordenação e elaboração: Hugo Mendes¹

Supervisão: Miriam Tuaty Guerra²

Revisão técnico-científica: Ana Moreno¹, Antonina dos Santos³, Ivone Figueiredo¹, Maria de Fátima Borges¹, Miriam Tuaty Guerra², Yorgos Stratoudakis¹.

Colaboração: Maria Manuel Angélico², Manuela Azevedo¹, Patrícia Gonçalves¹, Ana Moreno¹, Teresa Moura¹.

¹ Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P (IPMA, I.P.), Departamento do Mar e Recursos Marinhos (DMRM), Divisão de Modelação e Gestão dos Recursos da Pesca (DivRP).

² Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P (IPMA, I.P.), Departamento do Mar e Recursos Marinhos (DMRM), Divisão de Oceanografia e Ambiente Marinho (DivOA).

³ Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P (IPMA, I.P.), Departamento do Mar e Recursos Marinhos (DMRM)