

AVALIAÇÃO DAS NECESSIDADES EM ÁGUA DOCE DO ESTUÁRIO DO GUADIANA (PORTUGAL) COM RECURSO AOS DESEMBARQUES DA PESCA PROFISSIONAL

USING PROFESSIONAL FISHERIES LANDINGS TO ASSESS FRESHWATER INFLOWS NEEDS TO THE GUADIANA ESTUARY, PORTUGAL

P. Raposo de Almeida

Biólogo, Prof. Auxiliar, Departamento de Biologia, Universidade de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, Portugal, e-mail: pmraposo@mail.telepac.pt

M.J. Costa

Bióloga, Prof. Catedrática, Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal, e-mail: zita@fc.ul.pt

J.L. Costa

Biólogo, Investigador, Instituto de Oceanografia, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, e-mail: jlvoc@fc.ul.pt

B.R. Quintella

Biólogo, Investigador, Instituto de Oceanografia, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, e-mail: bquintella@netcabo.pt

A. Moniz de Bettencourt

Eng^o Químico e do Ambiente, Prof. Associado com Agregação, Departamento de Ecologia, Colégio Luis A Verney, Universidade de Évora, 7000-671 Évora, Portugal, e-mail: np66ln@mail.telepac.pt

RESUMO: Este estudo evidencia a importância das afluências de água doce para a comunidade piscícola do

estuário do Rio Guadiana e zona costeira adjacente, e estabelece uma relação entre o rendimento da actividade pesqueira e os caudais dulciaquícolas. Para o período compreendido entre 1988 e 2000 foi possível obter um conjunto de equações que relacionam o volume de capturas respeitantes a 21 recursos haliêuticos desembarcados na lota de Vila Real de Santo António e o caudal que afluía à zona estuarina. A primavera e o verão foram as épocas do ano para as quais se observou um maior número de relações significativas entre o caudal e os desembarques de peixe. Foi estimado que para atingir um volume de capturas que ronda as 1220 t/ano, é necessário uma afluência de água doce ao estuário de, aproximadamente, 1280 hm³/ano, repartidos da seguinte forma: 22.7 m³/s para o período húmido, 39.0 m³/s para o período primaveril, 18.3 m³/s para o período seco e 69.6 m³/s para o período outonal. A estes caudais acresce um *flushing flow* de 280 hm³ (7.5 dias/ano), o qual deverá coincidir com a primavera.

Palavras-chave: Caudais ambientais; estuários; recursos haliêuticos; comunidades piscícolas.

ABSTRACT: *The importance of the freshwater inflows to the estuarine and adjoining coastal waters fish communities are put in evidence and a relationship between the commercial fisheries landings and freshwater inflow is presented. For the period between 1988 and 2000, twenty-*

one different equations were obtained, relating fish catches landed at the Vila Real de Santo António harbor, and the freshwater flow of the River Guadiana.

Spring and summer were the seasons of the year that showed a higher number of significant relationships between fresh water flow and commercial fisheries landings. Estimates indicated that a fish catch of 1220 t/ year would depend upon an annual freshwater inflow of 1280 hm³, distributed in the following way: 22.7 m³/s during the wet season (December to March), 39.0 m³/s during the spring (April and May), 18.3 m³/s during the dry season (June to September) and 69.6 m³/s during the autumn (October and November). A flushing flow of 280 hm³ (7.5 days/year) should be added to the previous scenario, preferably during the spring.

1. INTRODUÇÃO

Grande parte da produção pesqueira é proveniente da região costeira e está associada a três processos de enriquecimento de nutrientes: o ressurgimento costeiro, a ressuspensão de nutrientes provocada pela acção das marés, e a descarga de água doce de origem continental (Thiel *et al.*, 1995; Ardisson & Bourget, 1997; Livingston, 1997; Quinn *et al.*, 1999; Grimes, 2001).

Como é de conhecimento geral, as descargas provenientes dos rios, enriquecidas pelas escorrências terrestres, influenciam favoravelmente alguns processos biológicos (*i.e.* crescimento, mortalidade e recrutamento) que constituem a base da produção pesqueira (Grimes, 2001; Doering *et al.*, 2002). A escorrência terrestre é condicionada por uma série de variáveis ambientais relacionadas com características abióticas e fisiográficas da bacia hidrográfica. No entanto, a escorrência terrestre também pode ser condicionada pelo Homem, nomeadamente através da construção de barragens que alteram o volume e a distribuição sazonal da água escoada pelos rios (Ardisson & Bourget, 1997; Bornman *et al.*, 2002).

A forte relação entre as descargas de água de origem continental e a produção pesqueira é confirmada nos casos em que a uma forte diminuição ou regulação do caudal dos rios, se seguiu uma quebra significativa das capturas efectuadas pela pesca (Tsou & Matheson, 2002). Talvez o exemplo que melhor ilustrou esta relação tenha ocorrido com o enchimento da grande barragem do Assuão. Durante este período, o caudal do rio foi reduzido em média cerca de 90%, o que originou uma quebra drástica das descargas provenientes da pesca efectuada no delta do Nilo e na zona adjacente no Mar Mediterrâneo (Grimes, 2001; Doering *et al.*, 2002).

A irregularidade do regime dos caudais do Rio Guadiana conduziu à construção de barragens tanto em território espanhol como em Portugal. O escoamento, tal como a precipitação, apresenta ao longo do ano uma distribuição característica que se mantém, pese embora a irregularidade interanual de ano para ano. Assim, o Guadiana é caracterizado

por um semestre húmido de Novembro a Abril e um semestre seco de Maio a Outubro, sendo de assinalar, no entanto, que os meses de Abril/Maio e Outubro/Novembro podem considerar-se meses de transição. O escoamento acumulado durante o período húmido é em média superior a 80% do escoamento anual (Loureiro *et al.*, 1986).

O porto de Vila Real de Santo António apresenta uma parcela bastante significativa relativamente ao valor total de descargas de pescado da região algarvia (16%), para o período compreendido entre 1986 e 1996 (INE, 1998). No Algarve a pesca por cerco, e para o período atrás descrito, representou cerca de 50% da quantidade total das descargas na região. A pesca polivalente e por arrasto representaram, em termos das quantidades totais de pescado desembarcadas na região, 27% e 12% respectivamente. Apesar de quantitativamente menos representativas, as espécies capturadas pela pesca polivalente e de arrasto conferem a estes dois últimos segmentos de frota as descargas das espécies de maior valor comercial.

O presente estudo teve como principal objectivo determinar de que forma é que a afluência de água doce ao estuário do Rio Guadiana afecta as espécies ictílicas capturadas no estuário e/ou na zona costeira adjacente, e propor um regime de caudais que não altere significativamente o volume de peixe descarregado na lota de Vila Real de Santo António.

2. METODOLOGIA

Tendo em linha de conta o ciclo anual de pluviosidade na região algarvia (Loureiro *et al.*, 1986), os dados de caudal foram subdivididos em quatro períodos distintos: dois períodos de transição, primaveril (Abril e Maio) e outonal (Outubro e Novembro); um período de seco (Junho, Julho, Agosto e Setembro); e um período húmido (Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março). Os caudais utilizados correspondem à série disponível para a estação limnigráfica do Pulo do Lobo (dados oficiais do INAG).

O volume de pescado descarregado anualmente na lota de Vila Real de Santo António (t/ ano) durante o período compreendido entre 1988 e 2000 (dados oficiais da Direcção-Geral das Pescas e Aquicultura, DGPA) foi relacionado com um conjunto de variáveis independentes, *i.e.*, o caudal fluvial médio mensal (m³/s), a temperatura média anual da água do mar (°C) (dados oficiais do Instituto de Meteorologia, IM) e o esforço de pesca (n.º de embarcações/ ano) (dados oficiais da DGPA), utilizando-se para o efeito análises de regressão linear múltipla (método *stepwise*). Para melhorar o ajuste à distribuição normal e linearizar a natureza das relações estabelecidas, todas as variáveis foram logaritimizadas antes de se testar o ajuste das equações de regressão (Sokal & Rohlf, 1981).

Da lista de espécies inventariadas na lota de Vila Real de Santo António foram seleccionados 27 *taxa* piscícolas

(espécies ou grupos de espécies) (Tabela 1), utilizando como critério para a sua escolha a afinidade relativamente ao ecossistema estuarino e zonas costeiras adjacentes, e a sua representatividade na série temporal considerada.

Tendo em conta que as capturas comerciais resultam, essencialmente, da conjugação de dois factores, a presença de exemplares passíveis de serem capturados nas áreas de pesca, e o recrutamento registado em anos anteriores, optou-se por avaliar não só a influência que os caudais do próprio ano tinham sobre as capturas comerciais, mas também a influência dos caudais com um, dois e três anos de desfasamento.

Tendo por base o conjunto de equações obtidas no passo anterior, foi ensaiado um processo de optimização não linear (*Generalized Reduced Gradient – GRG2*) (Lasdon & Waren, 1978) que visou maximizar o volume de pescado descarregado, testando para o efeito diferentes combinações de caudais nos quatro períodos do ano definidos anteriormente. O esforço de pesca utilizado nesta simulação correspondeu ao valor registado no último ano considerado neste exercício, ou seja 897 embarcações. A temperatura da

água do mar foi definida como o valor médio da série temporal utilizada no presente estudo, *i.e.*, 17.4 °C. A solução foi ainda condicionada por forma a que o volume de pescado descarregado referente a cada espécie fosse igual ou superior ao percentil 25 da série de valores analisados, e que as estimativas de caudais não ultrapassassem o máximo registado em cada um dos períodos do ano considerados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a evolução das capturas dos 27 recursos haliêuticos desembarcados pela frota pesqueira sediada no porto de Vila Real de Santo António que foram seleccionados para este estudo, verifica-se que os taxa mais pescados na região durante o período considerado foram a sardinha *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), a cavala *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782), e os carapaus *Trachurus spp.*, todos eles atingindo por vezes desembarques anuais superiores a 100 t, e que no caso da sardinha chegaram a 1 000 t anuais (Figura 1).

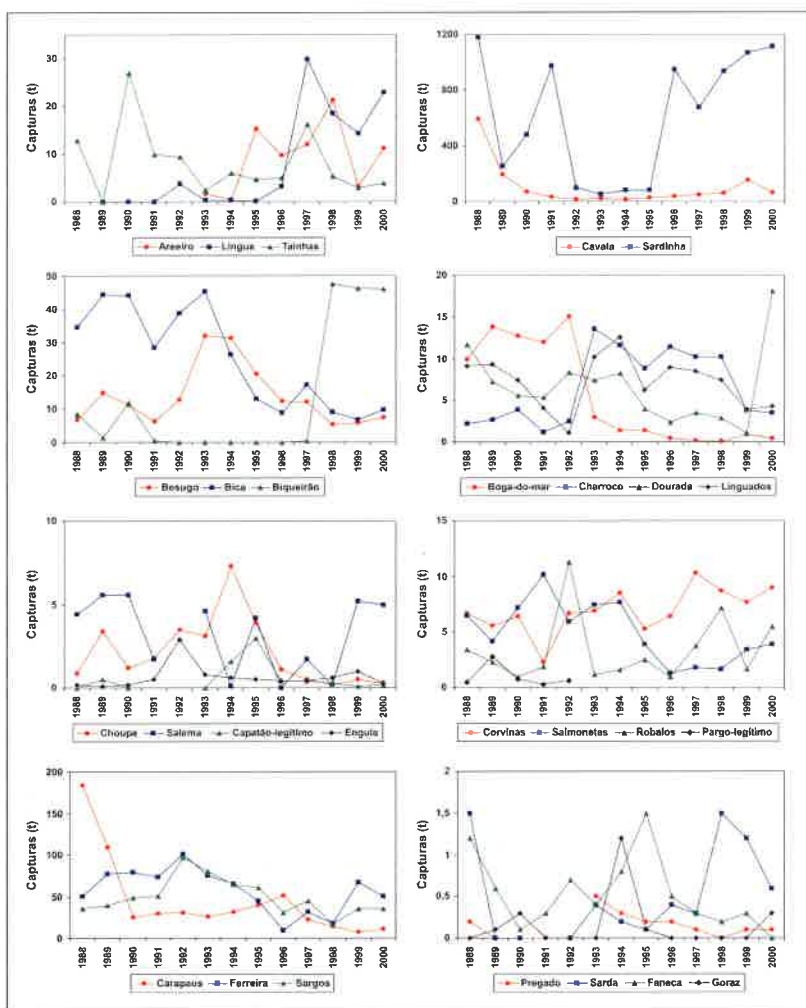


Figura 1 - Evolução das capturas dos principais recursos haliêuticos pescados entre 1988 e 2000 pela frota pesqueira sediada no porto de Vila Real de Santo António.

O número de embarcações em actividade na região rondou as 700 unidades de 1988 a 1992, dando-se um incremento acentuado neste valor nos dois anos subsequentes, até se atingirem cerca de 1 100 embarcações em 1994 (Figura 2). Depois de um decréscimo sustentado nos três anos seguintes, verificou-se uma estabilização relativa do número de barcos de pesca a partir de 1997, mantendo-se actualmente em actividade cerca de 900 embarcações.

Quanto aos caudais, os resultados obtidos para o período em questão confirmam em absoluto a opção de subdividir o ano em quatro períodos distintos, verificando-se claramente um caudal mais importante no período húmido, em contraponto com o período seco (Figura 3). Naturalmente, nas épocas de transição os caudais assumem normalmente valores intermédios. Os maiores caudais verificaram-se entre 1987/88 e 1990/91 e entre 1995/96 e 1997/98, e correspondem ao incremento de caudais nos períodos húmido e de transição outonal, já que em relação aos caudais médios observados nos períodos seco e de transição primaveril, não se registou uma variação significativa de ano para ano.

A temperatura média da água do mar nesta região variou aproximadamente entre 16,5 °C e 18,5 °C, sendo os menores valores observados no período compreendido entre 1992 e 1994 (Figura 4).

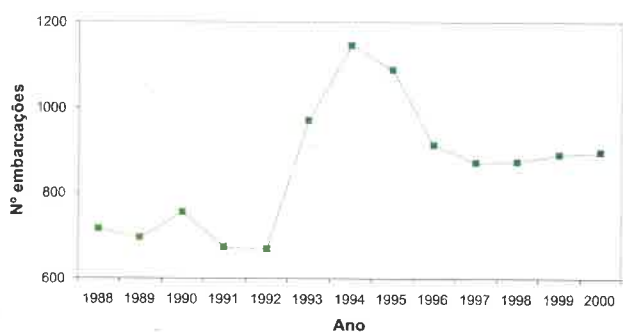


Figura 2 - Evolução do número de embarcações que anualmente descarregaram peixe na lota de Vila Real de Santo António, entre 1988 e 2000.

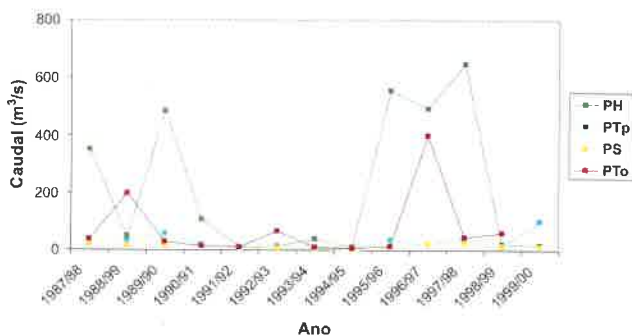


Figura 3 - Evolução do caudal médio registado nos quatro períodos do ano considerados (PH - período húmido, PTp - período de transição primaveril, PS - período seco, PTo - período de transição outonal) entre 1987/88 e 1999/00.

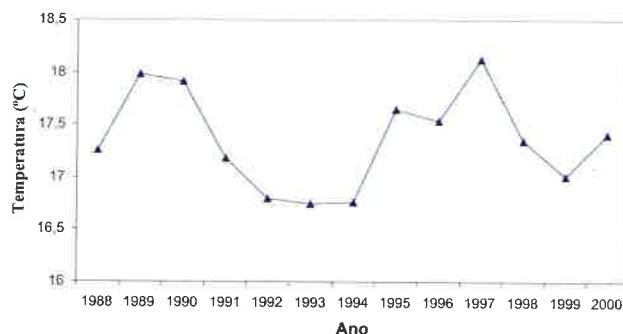


Figura 4 - Evolução da temperatura média anual da água do mar registada às 9h00, no Cabo de Santa Maria, entre 1988 e 2000.

A totalidade das rectas de regressão obtidas, para explicar os desembarques das diferentes espécies ictílicas estudadas em função dos caudais de água doce, da temperatura da água do mar e do número de embarcações registadas na região, encontra-se compilada na Tabela 1. O primeiro aspecto a reter da sua observação é que, das três variáveis explicativas analisadas, apenas o caudal parece influenciar de forma marcada as capturas das diferentes espécies piscícolas. Com efeito, somente em dois casos se detectou influência da temperatura nos respectivos desembarques e mesmo o esforço de pesca não parece ser particularmente determinante para explicar as capturas da maior parte das espécies estudadas. Estas informações, no seu conjunto, permitem aventar a hipótese de estarmos em presença de *stocks* sujeitos a elevado grau de exploração comercial, uma vez que as capturas não parecem ter, de um modo geral, qualquer correlação com o esforço de pesca efectuado. Por outro lado, confirmam a relevância dos fluxos de água doce para as comunidades piscícolas estuarinas e marinhas adjacentes.

A Tabela 2 apresenta a lista de 21 *taxa* para os quais foram encontradas correlações significativas entre o volume de pescado descarregado e o caudal fluvial. Estes resultados evidenciam o pendor negativo das correlações obtidas no período húmido, em contraste com a prevalência de correlações positivas obtidas no período de estiagem. De destacar igualmente o maior número de correlações significativas resultantes do teste das hipóteses que pressupunham a existência de relação entre o caudal fluvial e o recrutamento das diferentes espécies ictílicas, ou seja, resultados baseados no desfasamento de caudais.

Ainda de acordo com a Tabela 2, são os caudais produzidos durante o período seco aqueles que influenciam de forma mais directa as capturas de um maior número de espécies. Apesar disso, o padrão observado não é uniforme, existindo algumas espécies que são favorecidas por maiores fluxos de água doce nesta época do ano e outras que exibem um comportamento contrário. Mesmo assim, durante estes meses mais secos parece haver uma tendência para que um incremento dos caudais dulciaquícolas favoreça o recrutamento de um maior número de espécies, pese embora

Tabela 1 - Lista de taxa seleccionados para integrarem a análise, e respectivas equações de regressão utilizadas para os cálculos.

Nome vulgar	Nome científico	Equações de regressão:	R ²	F	g.d.l.	P
Areeiro	<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i> (Walbaum, 1792)	$\ln(C+1) = 1,546 + 1,166 \text{ PTP}$	0,947	53,545	(1,3)	< 0,001
Besugo	<i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1826)	$\ln(C+1) = 4,339 - 0,575 \text{ PTP}$	0,677	16,786	(1,8)	< 0,001
Bica	<i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)					
Biqueirão	<i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)	$\ln(C+1) = 2,369 + 0,765 \text{ PH}$	0,512	7,355	(1,7)	< 0,05
Boga-do-mar	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	$\ln(C+1) = 18,438 + 1,039 \text{ PS} - 2,893 \text{ f}$	0,911	25,688	(2,5)	< 0,01
Capatão-legítimo	<i>Dentex dentex</i> (Linnaeus, 1758)	$\ln(C+1) = 1,771 - 0,572 \text{ PS}$	0,627	10,085	(1,6)	< 0,05
Carapaus	<i>Trachurus</i> spp.	$\ln(C+1) = 4,281 - 0,205 \text{ PH}$	0,519	7,540	(1,7)	< 0,05
Cavala	<i>Scomber japonicus</i> (Houttuyn, 1782)	$\ln(C+1) = 1,657 + 0,911 \text{ PS}$	0,419	5,778	(1,8)	< 0,05
Charroco	<i>Halobatrachus didactylus</i> (Schneider, 1801)	$\ln(C+1) = 10,311 + 1,986 \text{ f} - 0,355 \text{ PTo}$	0,894	25,426	(2,6)	< 0,01
Choupa	<i>Splondyliosoma cantharus</i> (Linnaeus, 1758)	$\ln(C+1) = 2,628 - 0,665 \text{ PS}$	0,462	6,864	(1,8)	< 0,05
Corvinas	<i>Argyrosomus</i> spp.					
Dourada	<i>Sparus aurata</i> (Linnaeus, 1758)	$\ln(C+1) = 0,409 + 0,632 \text{ PS}$	0,594	10,243	(1,7)	< 0,05
Enguia	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	$\ln(C+1) = 78,108 + 27,713 \text{ T} - 0,634 \text{ PTP}$	0,894	21,056	(2,5)	< 0,01
Faneca	<i>Trisopterus luscus</i> (Linnaeus, 1758)	$\ln(C+1) = 0,950 - 0,123 \text{ PH}$	0,536	8,073	(1,7)	< 0,05
Ferreira	<i>Lithognathus mormyrus</i> (Linnaeus, 1758)	$\ln(C+1) = 24,143 + 9,451 \text{ T} + 0,326 \text{ PS}$	0,951	39,017	(2,4)	< 0,01
Goraz	<i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)					
Língua	<i>Dicologlossa cuneata</i> (Moreau, 1881)	$\ln(C+1) = 4,873 - 1,565 \text{ PS}$	0,526	6,657	(1,6)	< 0,05
Linguados	<i>Solea</i> spp.					
Pargo-legítimo	<i>Pagrus pagrus</i> (Linnaeus, 1758)	$\ln(C+1) = 0,564 + 0,339 \text{ PTo}$	0,835	15,129	(1,3)	< 0,05
Pregado	<i>Paetta maxima</i> (Linnaeus, 1758)	$\ln(C+1) = 0,543 - 0,138 \text{ PTP}$	0,672	14,344	(1,7)	< 0,01
Robalos	<i>Dicentrarchus</i> spp.	$\ln(C+1) = 0,377 + 0,572 \text{ PTP}$	0,509	7,246	(1,7)	< 0,05
Salema	<i>Sarpa salpa</i> (Linnaeus, 1758)	$\ln(C+1) = 0,903 + 0,579 \text{ PTo}$	0,451	5,744	(1,7)	< 0,05
Salmonetes	<i>Mullus</i> spp.	$\ln(C+1) = 0,360 + 0,888 \text{ PS}$	0,896	51,539	(1,6)	< 0,001
Sarda	<i>Scomber scombrus</i> (Linnaeus, 1758)					
Sardinha	<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	$\ln(C+1) = 2,597 + 1,391 \text{ PS}$	0,504	8,115	(1,8)	< 0,05
Sargos	<i>Diplodus</i> spp.	$\ln(C+1) = 4,861 - 0,230 \text{ PH}$	0,544	9,546	(1,8)	< 0,01
Tainhas	Mugilidae					

C – valor de capturas; PTP – caudal do período de transição primavera; PTo – caudal do período de transição outonal; PS – caudal do período seco; PH – caudal do período húmido; f – esforço de pesca; T – temperatura da água.

Tabela 2 - Taxa para os quais foi encontrada uma correlação significativa entre o volume de pescado desembarcado na lota de Vila Real de Santo António e o caudal fluvial observado nas quatro épocas do ano consideradas.

Taxa	P. húmido		P. trans. primaveril		P. estiagem		P. trans. outonal	
	s/desf.	c/desf.	s/desf.	c/desf.	s/desf.	c/desf.	s/desf.	c/desf.
Areiro			■					
Besugo				■	■			
Biqueirão		■						
Boga-do-mar					■	■		
Capatão-legítimo						■		
Carapaus		■						
Cavala						■		
Charroco								■
Choupa		■			■			
Dourada						■		
Enguia				■				
Faneca		■						
Ferreira						■		
Língua						■		
Pargo-legítimo		■				■	■	
Pregado			■	■				
Robalos				■				
Salema							■	
Salmonetes						■		
Sardinha				■	■			
Sargos	■							



Correlação positiva



Correlação negativa

as capturas de adultos apresentem um padrão geral invertido. Deste modo, o que parece acontecer é que a chegada de água doce em abundância ao estuário e zonas costeiras adjacentes no período seco aumenta as probabilidades de sobrevivência dos estados larvares e juvenis de alguns peixes, provavelmente devido ao incremento das disponibilidades alimentares. Pelo contrário, os adultos de formas com maiores afinidades marinhas só parecem aproximar-se da costa quando

os fluxos de água doce na época seca são particularmente reduzidos e supostamente a salinidade destas áreas aumenta.

No pólo oposto temos a situação observada para os caudais do período de transição outonal, já que poucas espécies vêm os seus desembarques condicionados pela água doce que aflui ao estuário e zonas costeiras adjacentes nesta época do ano (Tabela 2). De qualquer forma, a sua influência principal centra-se ao nível das capturas de adultos, havendo uma tendência para o seu

favorecimento quando aumentam os caudais de água doce.

Numa situação intermédia encontram-se os caudais referentes aos períodos húmido e de transição primaveril, embora mais uma vez o panorama seja bastante diverso em ambos os casos (Tabela 2). No que concerne ao período de transição primaveril existe um notório equilíbrio entre as espécies favorecidas e desfavorecidas nos desembarques com o aumento ou a redução dos fluxos dulciquícolas. Pelo contrário, caudais muito fortes na época húmida têm reflexos negativos nos quantitativos pescados, parecendo que tal resulta de uma diminuição global nos níveis de recrutamento de algumas espécies. Esta situação deverá estar relacionada com o facto de fortes chuvadas promoverem alterações profundas no meio estuarino e nas regiões marinhas adjacentes ou poderem provocar o arrastamento dos ovos e estados larvares de muitas espécies de peixes para zonas menos propícias à sua sobrevivência.

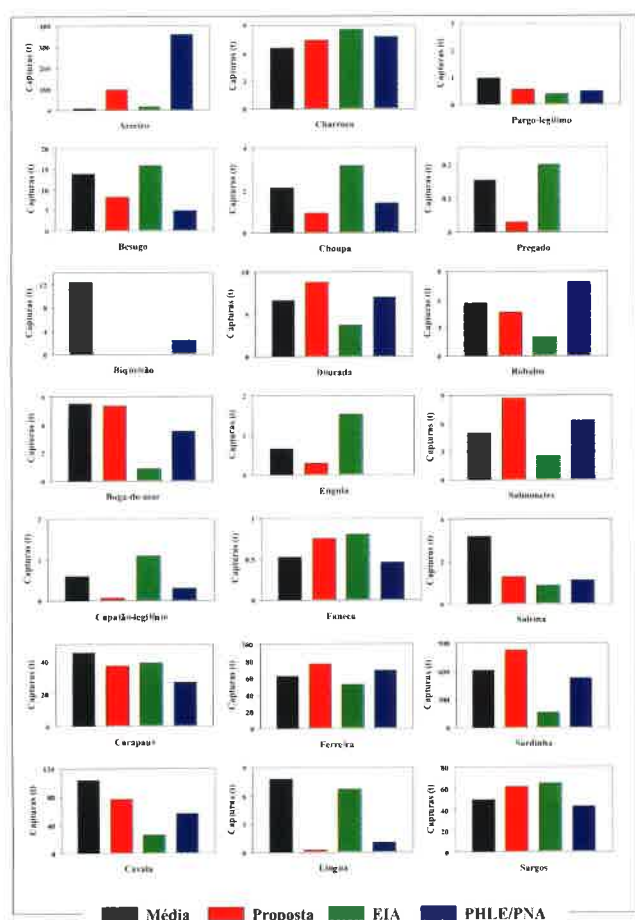


Figura 5 - Comparação dos volumes de capturas esperados com os diferentes regimes de caudais. Média – caudal médio correspondente ao período 1988-2000; Proposta – caudal proposto no presente estudo; EIA – caudal proposto no estudo de impacto ambiental do Alqueva; PBHLE/PNA - caudal proposto pelos Planos de Bacia Hidrográfica dos Rios Luso-Espanhóis e Plano Nacional da Água.

De acordo com os resultados da otimização não linear aplicada ao conjunto de equações que relacionam o caudal dulciaquícola e o volume de capturas das diferentes espécies consideradas, foi obtida uma estimativa para os caudais nas quatro épocas do ano definidas na metodologia (Tabela 3).

Comparando os resultados alcançados no presente estudo com os dados reais correspondentes ao período entre 1988 e 2000, observa-se que, nos quatro períodos definidos anteriormente, o caudal médio é muito superior a este primeiro resultado nos períodos húmido (cerca de 10 vezes mais para o somatório dos meses de Dezembro a Março) e de transição outonal (aproximadamente 4 vezes mais para o somatório dos meses de Outubro e Novembro), mas ligeiramente inferior nos períodos de transição primaveril (somatório dos meses de Abril e Maio) e seco (somatório dos meses de Junho a Setembro) (Tabela 3).

O resultado da otimização aproxima-se da proposta do EIA-Alqueva (SEIA, 1994), no balanço anual e considerando o *flushing flow* previsto nesta última, mas não na distribuição sazonal dos caudais, sendo inferior à dos Planos de Bacia Hidrográfica dos Rios Luso-Espanhóis apresentada no Plano Nacional da Água (PBHLE-PNA) (INAG, 2002).

Por outro lado, do ponto de vista do desembarque de pescado, verifica-se que na generalidade das espécies, exceptuando os casos do biqueirão *Engraulis encrasicolus* (L.), do capatão-legítimo *Dentex dentex* (L.), do pregado *Psetta máxima* (L.), do areeiro *Lepidorhombus whiffiagonis* (Walbaum, 1792), da salema *Sarpa salpa* (L.) e da língua *Dicologlossa cuneata* (Moreau, 1881), o volume de capturas esperadas com base no regime de caudais proposto neste estudo, é muito próximo do valor obtido com base nos caudais médios correspondentes ao período entre 1988 e 2000 (Figura 5).

Globalmente, pode constatar-se que o resultado deste estudo proporciona um rendimento da pesca ligeiramente

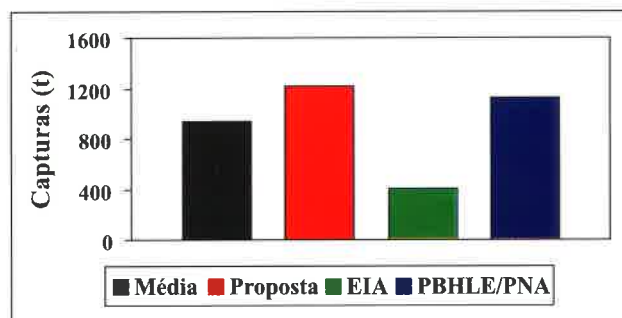


Figura 6 - Comparação do volume total de capturas esperado com os diferentes regimes de caudais. Média – caudal médio correspondente ao período 1988-2000; Proposta – caudal proposto no presente estudo; EIA – caudal proposto no estudo de impacto ambiental do Alqueva; PBHLE/PNA - caudal proposto pelos Planos de Bacia Hidrográfica dos Rios Luso-Espanhóis e Plano Nacional da Água.

Tabela 3 - Regime de caudal proposto no presente estudo (hipóteses A e B), no EIA-Alqueva (1994), pelo Grupo de Trabalho Luso Espanhol de 1994 (GTLE), nos Planos de Bacia Hidrográfica dos Rios Luso-Espanhóis/Plano Nacional da Água (PBHLE/PNA) e caudal médio verificado durante o período 1988 a 2000.

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Anual
Presente Estudo (A)	m ³ /s	19.0	22.7	22.7	22.7	22.7	39.0	39.0	18.3	18.3	18.3	18.3	22.3
	hm ³	50.9	49.2	60.8	60.8	54.9	101.1	104.5	47.4	49.0	49.0	47.4	735.8
Presente Estudo (B)													
(hipótese alternativa)	m ³ /s	69.6	22.7	22.7	22.7	22.7	39.0	39.0	18.3	18.3	18.3	18.3	31.8 + 432.1*
	hm ³	186.4	180.4	60.8	60.8	54.9	101.1	104.5	47.4	49.0	49.0	47.4	1001.8 + 280*
EIA-Alqueva (1994)													
	m ³ /s	4.0	19.0-25.0	19.0-25.0	19.0	19.0	13.0	13.0	6.3-13.0	3.0-4.0	2.6-4.0	3.8-4.0	11.1-12.8 + 432.1*
	hm ³	10.7	49.2-64.8	50.9-67.0	50.9	46.0	33.7	34.8	16.3-33.7	8.0-10.7	7.0-10.7	9.8-10.4	350.0-403.7 + 280*
PBHLE/ PNA													
	m ³ /s	10.1	23.1	104.2	104.2	104.2	104.2	66.8	15.8	16.1	10.1	10	56.1
	hm ³	27.1	59.9	279.1	279.1	279.1	270.1	178.9	41.0	43.1	27.1	25.9	1769.2
Média (1988-2000)													
	m ³ /s	26.9	121.1	291.2	327.9	184.5	25.0	29.1	13.4	10.6	10.3	13.7	92.9
	hm ³	72.0	313.9	780.0	878.2	446.3	64.8	77.9	34.7	28.9	27.6	35.5	2914.2

(*) - caudal de limpeza (*flushing flow*), 7.5 dias.

superior às capturas médias registadas no período entre 1988 e 2000 (Figura 6), sendo superior ao valor obtido a partir do regime de caudais correspondente tanto ao EIA-Alqueva, como do PBHLE-PNA.

Atendendo à importância que os caudais outonais e inverniais possuem para o ecossistema estuarino em geral (Bornman *et al.*, 2002), e para algumas espécies em particular, nomeadamente as espécies migradoras diádromas (Domingos, 1992; Almeida *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2001), colocou-se a hipótese de introduzir uma alteração nos valores de caudal obtidos através da optimização. Assim, substituiu-se o caudal do período de transição outonal pelo caudal médio registado nesse período durante a série temporal utilizada neste estudo (Tabela 3), e avaliou-se o resultado em termos de volume de peixe descarregado.

Optou-se pela utilização do caudal médio, em detrimento do caudal mediano, porque se considerou que a quantidade de água que efectivamente chega ao mar é uma premissa importante neste procedimento, pelo que um valor mediano poderia, de alguma forma, subestimar o efeito resultante das cheias.

A reduzida expressão do volume de capturas das espécies que apresentaram alguma relação com os caudais outonais faz com que o aumento do valor do caudal praticamente não se reflecta no volume total de pescado desembarcado (Tabela 4).

O regime de caudais correspondente à optimização efectuada inicialmente poderá, apesar de tudo, constituir a base de uma hipotética proposta de caudais a adoptar no futuro, tendo em conta o equilíbrio da comunidade ictífica estuarina e da zona costeira adjacente.

Contudo, é um facto que a proposta em causa não considera os caudais de limpeza ou de arrastamento (*flushing flows*) estimados, numa primeira aproximação para o Rio Guadiana, em 1400 hm³ em 7.5 dias, de 5 em 5 anos (Bettencourt *et al.*, 1994), o que equivale, em média, a 280 hm³.

Esses caudais considerados na proposta do EIA-Alqueva (SEIA, 1994), que resultam da aplicação da metodologia IFIM (Stalnaker, 1980, Stalnaker *et al.*, 1995) a espécies endémicas do rio, são essenciais quer em termos geomorfológicos e sedimentares, quer em termos puramente ecológicos, na medida em que constituem uma perturbação periódica necessária à manutenção da juventude do sistema no seu todo e à preservação dos seus endemismos dulciaquícolas (Lepage & Ingram, 1988, Reiser *et al.*, 1989, Moreira *et al.*, 2002).

Sugere-se assim que se adicione à hipótese alternativa, que já contempla de certo modo os caudais outonais essenciais às espécies migradoras, um *flushing flow* que representa em média 280 hm³/ano e que deverá ocorrer de preferência entre Dezembro e Março, época igualmente importante para as espécies diádromas (Almeida *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2001). Resultaria assim um *input* total médio de água doce no estuário de, aproximadamente, 1280 hm³/ano. Por último, refira-se que o incremento do caudal no período referido não

Tabela 4 - Comparação das capturas resultantes da utilização do regime de caudal apresentado neste estudo (A) com a hipótese alternativa (B) (ver Tabela 3).

Taxa	Capturas (t)	
	A	B
Areeiro	98.61	98.61
Besugo	8.18	8.18
Biqueirão	0.05	0.05
Boga-do-mar	5.31	5.31
Capatão-legítimo	0.08	0.08
Carapau	36.79	36.79
Cavala	76.87	76.87
Charroco	7.41	4.38
Choupa	0.93	0.93
Dourada	8.78	8.78
Enguia	0.30	0.30
Faneca	0.75	0.75
Ferreira	76.25	76.25
Língua	0.27	0.27
Pargo-legítimo	0.57	1.41
Pregado	0.03	0.03
Robalos	4.66	4.66
Salmonetes	8.68	8.68
Sardinha	825.0	825.0
Salema	1.30	3.77
Sargos	61.36	61.36
TOTAL	1222.2	1222.5

acarretaria uma grande modificação no total de peixe capturado, esperando-se nesse caso um valor global de, aproximadamente, 1185 toneladas.

4. CONCLUSÕES

De acordo com o estudo desenvolvido, calcula-se que para atingir um volume de capturas de pescado na ordem das 1220 t/ano, é essencial uma afluência de água doce ao estuário de, aproximadamente, 1280 hm³/ano, distribuída ao longo do ano da seguinte forma: 22.7 m³/s para o período húmido, 39.0 m³/s para o período de transição primaveril,

18.3 m³/s para o período seco e 69.6 m³/s para o período de transição outonal. Considerou-se ainda que a estes caudais se deveria adicionar um *flushing flow* anual de 280 hm³ (durante 7.5 dias), o qual deverá ocorrer no período compreendido entre Dezembro e Março.

Em virtude deste estudo ter tido por base a relação que existe entre os caudais dulciaquícolas e as estatísticas oficiais dos desembarques resultantes da pesca profissional, o procedimento de optimização garante em primeiro lugar a maximização da biomassa pescada. Porém, são igualmente expectáveis benefícios para a comunidade piscícola que utiliza

o estuário, sendo por isso esta solução uma boa aproximação aos caudais ambientais cruciais para manter o equilíbrio do ecossistema estuarino.

Refira-se ainda que apesar do regime de caudais proposto similar, de alguma forma, as flutuações de caudal observadas ao longo do ano, esta solução elimina em parte as flutuações interanuais, cenário que poderá eventualmente contribuir para um estado de relativo equilíbrio da comunidade estuarina, cuja perpetuação poderá permitir a algumas espécies dominarem a comunidade ou manterem-se nela e, porventura, provocar disfunções na estrutura e funcionamento do ecossistema.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, P.R.; H.T. SILVA & B. QUINTELLA. (2000). The migratory behaviour of the sea lamprey *Petromyzon marinus* L., observed by acoustic telemetry in River Mondego (Portugal). In: A. Moore and I. Russel (eds.) *Advances in fish telemetry*. CEFAS, Suffolk: 99-108.
- ARDISSON, P-L & E. BOURGET (1997). A study of the relationship between freshwater runoff and benthos abundance: a scale-oriented approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **45**: 535-545.
- BETTENCOURT, A.M.; M.J. COSTA; R.J. NEVES; C.S. REIS; S. TRIGO SANTOS; P.R. ALMEIDA; J.L. COSTA; I. DOMINGOS & P. BARROS (1994). *Necessidades de água doce em estuários portugueses. Douro, Tejo e Guadiana*. Grupo de Trabalho Luso-Espanhol para a Cooperação em Matéria de Recursos Hídricos, MARN, 40 p.
- BORNMAN, T.G.; J.B. ADAMS & G.C. BATE (2002). Freshwater requirements of a semi-arid supratidal and floodplain salt marsh. *Estuaries*, **25**: 1394-1405
- COSTA, M.J.; P.R. ALMEIDA; I.M. DOMINGOS; J.L. COSTA; M.J. CORREIA; M.L. CHAVES & C.M. TEIXEIRA (2001). Present status of the main shads' populations in Portugal. *Bulletin Française de la Pêche et de la Pisciculture*, **362/363**: 1109-1116.
- DOERING, P.H.; R.H. CHAMBERLAIN & D.E. HAUNERT (2002). Using submerged aquatic vegetation to establish minimum and maximum freshwater inflows to Caloosahatchee estuary, Florida. *Estuaries*, **25**: 1343-1354.
- DOMINGOS, I. (1992). Fluctuations of glass eel migration in the Mondego estuary (Portugal) in 1988 and 1989. *Irish Fisheries Investigation, Series A (Freshwater)*, **36**: 1-4.
- GRIMES, C.B. (2001). Fishery production and the Mississippi River discharge. *Fisheries*, **26**: 17-26.
- INAG (2002). *Plano Nacional da Água. Introdução, caracterização e diagnóstico da situação actual dos recursos hídricos*, Vol. I. INAG, MAOT, Lisboa.
- INE (1998). *Pescas em Portugal - Portuguese Fisheries: 1986-1996*. Instituto Nacional de Estatística / Direcção-Geral das Pescas e Aquicultura. INE, Lisboa, 280p.
- LASDON, L.S. & A.D. WARREN (1978). *Generalized reduced gradient software for linearly and nonlinearly constrained problems*. In: H.J. Greenberg (ed.) *Design and Implementation of Optimization Software*. Sijthoff & Noordhoff, Holland: 335-362.
- LEPAGE, S & R.G. INGRAM (1988). Estuarine response to a freshwater pulse. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **26**: 657-667.
- LIVINGSTON, R.J. (1997). Trophic response of estuarine fishes to long-term changes of river runoff. *Bulletin of Marine Science*, **60**: 984-1004.
- LOUREIRO, J.; M. ALMEIDA; M. MACHADO & E. TEIXEIRA (1986). *Monografias Hidrológicas dos*

- principais cursos de água de Portugal Continental*. Divisão de Hidrometria, Lisboa, 569p.
- MOREIRA, I.; M.T. FERREIRA; R. CORTES; P. PINTO & P.R. ALMEIDA (eds.) (2002). *Ecosistemas aquáticos e ribeirinhos. Ecologia, gestão e conservação*. INAG, DSP, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa, 376p.
- QUINN, N.W.; C.M. BREEN; A.K. WHITFIELD & J.W. HEARNE (1999). An index for the management of South African estuaries for juvenile fish recruitment from the marine environment. *Fisheries Management and Ecology*, **6**: 421-436.
- REISER, D.W.; M.P. RAMEY & T.A. WESCHE (1989). *Flushing Flows* In: James A. Gore & E. Geoffrey Petts (eds.) *Alternatives in Regulated River Management*, CRC Press: 91-135.
- SEIA (1994). *Estudo Integrado do Impacte Ambiental do Empreendimento de Alqueva*, DG-XVI, SEIA, *Caudal Ecológico*, Vol.V: 1-24.
- SOKAL, R.R. & F.J. ROHLF (1981). *Biometry; the principles and practice of statistics in biological research.*, 2nd edn., W.H. Freeman, New York. 859p.
- STALNAKER, C.B. (1980). *Effects on fisheries of abstractions and perturbations in streamflow* In: *Allocation of Fishery Resources*, J.H. Grove (ed.), AFS/FAO: 366-382.
- STALNAKER, C.B.; B.L. LAMB; J. HENMRIKSEN; K. BOVEE & J. BATHOLOW (1995). *The Instream Flow Incremental Methodology. A Primer for IFIM*. National Biological Service, U.S.Department of the Interior, Biological Report 29. 44p.
- THIEL, R., A. SEPÚLVEDA, R. KAFEMAN & W. NELLEN (1995). Environmental factors as forces structuring the fish community of the Elbe Estuary. *Journal of Fish Biology*, **46**: 47-69.
- TSOU, T.-S. & R.E. MATHESON, Jr. (2002). Seasonal changes in the nekton community of the Suwanee River estuary and the potential impacts of freshwater withdrawal. *Estuaries*, **25**: 1372-1381.