



ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

7

TEMA 2

AVERIGUAÇÕES EXPERIMENTAIS PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DE ESGOTOS EM MEIOS AQUÁTICOS

Por: Alexandre Bettencourt, Eng^o Químico (IST). Dipl. E.S.T. (Delft)
DRENA - Estudos e Projectos de Saneamento, Lda - LISBOA

RESUMO

Descreve-se resumidamente o conjunto de investigações a que se tem procedido com vista à selecção de sítios vocacionados para a disposição final de efluentes em estuários e zonas costeiras e à obtenção de valores experimentais para os parâmetros envolvidos no projecto das respectivas soluções

Inclui caracterização de cargas poluentes, natureza dos fundos, estudo das correntes, estratificação térmica, T_{90} , fauna benthica e recursos haliêuticos.

A presente comunicação pretende apenas relatar sucintamente estudos de carácter experimental que têm vindo a ser efectuados com vista à caracterização de sítios vocacionados para a recepção de descargas de efluente doméstico e também ao cálculo dos parâmetros necessários ao projecto do referido lançamento final em zonas costeiras nas vizinhanças da cidade de Lisboa.

1 - CARACTERIZAÇÃO DAS CARGAS POLUENTES

A caracterização analítica dos esgotos gerados nas principais bacias da Costa do Estoril e da cidade de Lisboa foi obtida pela DRENA no decurso de campanhas efectuadas, entre 72 e 75.

Nos Quadros I e II indica-se respectivamente para a Costa do Estoril e para Lisboa, o conjunto de parâmetros analisados, os seus valores médios e gama de variação. Recorreu-se aos serviços de Laboratórios hoje integrados na D.S.C.P. da D.G.R.A.H. e no LNETI e ainda no Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge.

As cargas poluentes domésticas e industriais equivalentes foram também estimadas, em termos de OD, para cada bacia efluente ao Estuário do Tejo e zona costeira adjacente, após levantamento exaustivo das unidades industriais existentes e elaboração de uma tabela própria de coeficientes de poluição (II-4-4, RESBAL 1980). Apresentam-se no Quadro III.

Para o estuário do Tejo procedeu-se ainda à estimativa das cargas de BOD, sólidos em suspensão, N_{total} e P_{total} que a ele afluem incluindo as transportadas pelo Rio Tejo, com vista sobretudo à discussão da influência das soluções projectadas no respectivo balanço de nutrientes (Quadro IV).

2 - NATUREZA DOS FUNDOS

O conhecimento da natureza dos fundos marinhos comprometidos em soluções sanitárias quer em termos sedimentológicos quer em termos geológicos e geotécnicos é, como se sabe, da maior importância.

Assim compilou-se a informação disponível relativamente à textura do sedimento fluvio-marinho (6,10, na região que compreende o estuário do Tejo e plataforma continental adjacente até ao Cabo da Roca. Os resultados apresentam-se cartografados nos Desenhos 9 e 2 respectivamente dos vol. II-4-1 e II-4-3 da RESBAL (1980).

No que se refere ao Esquema Geral da Costa do Sol, no entanto, tratando-se de uma solução relativamente pormenorizada entendeu ainda proceder-se à prospecção dos fundos da região da Guia quer por reflexão sísmica e sonar lateral quer por prospecção geológica directa. O detalhe da metodologia e bem assim os resultados obtidos pela Hunting Geology & Geophysics e pela equipa de geólogos mergulhadores utilizada apresentam-se nos cap. 4.2 e 4.3 do vol. IV do Esquema Geral.

3 - ESTUDO DAS CORRENTES

Na Guia (Costa do Estoril) efectuou-se um programa relativamente completo que incluiu três séries de determinações. Na primeira, efectuaram-se determinações de correntes e ensaios com flutuadores em diversos pontos passíveis de selecção para o lançamento final. A segunda, respeitou a determinações efectuadas pela AGPL a diversas profundidades em 32 polos fora da Barra do Tejo. A terceira, corresponde à análise das correntes de maré ao longo de ciclos de maré completos (24 horas) num só polo, em período de marés vivas e marés mortas. O conjunto, representativo de correntes entre o Cabo da Roca e Fonte da Telha, é ilustrado em desenho, bem como a circulação residual calculada e a pluma da vazante correspondente à descarga do rio, em estiagem (Desenho 19 Vol. II-4-3, RESBAL, 1980).

No estuário do Tejo dispendo-se de um conjunto muito razoável de determinações de correntes em cerca de 90 polos e diferentes profundidades (superfície, meio, fundo) e ainda de outras medições ocasionais para além do registo correcto dos níveis de água, pareceu desnecessário efectuar medições suplementares.

Pela importância de que se reveste na apreciação das condições de sedimentação do material sólido procedeu-se ainda à análise do espectro de correntes na zona da Guia, à superfície e a meio fundo (Fig. 4, vol. II-4-3, RESBAL, 1980).

4 - ESTRATIFICAÇÃO TÉRMICA E SALINA

Para a Guia a análise da estratificação térmica e salina fez-se a partir dos registos diários obtidos por batitermógrafo colocado no barco dos Pilotos durante o ano de 1964. Dados complementares de salinidade e temperaturas a diversas profundidades obtidos em várias estações da mesma zona pelo Instituto de Biologia Marítima permitiram completar a análise do ciclo anual. Essa análise permite concluir que a estratificação no período de estivação é fundamentalmente térmica atingindo o gradiente máximo, cerca de $4,7^{\circ}\text{C}$, em zona de 20 m de profundidade.

As Fig. 5 a 41 (Vol. II-4-3, RESBAL, 1980) reproduzem alguns destes perfis mais representativos.

5 - AVALIAÇÃO DA TAXA DE MORTALIDADE BACTERIANA EM CONDIÇÕES NATURAIS

É prática corrente o arbítrio da taxa de mortalidade bacteriana em projectos de emissários submarinos. No entanto existe uma consciência crescente dos riscos inerentes a essa prática quer em função do ciclo diurno e sazonal da radiação solar incidente, principal agente inactivante (2) quer em função do efeito protector do material sólido em suspensão (8).

No caso da Guia a taxa de mortalidade bacteriana foi assim avaliada experimentalmente nas próprias águas receptoras no decorrer duma campanha anual segundo metodologia conhecida e de que o detalhe foi oportunamente publicado (Esquema Geral de Saneamento da Costa do Sol, Vol. III e XVI).

Refere-se no entanto que a diluição física do campo de esgoto foi estimada com base em dois traçadores, a Rodamina B e fósforo reactivo, doseando-se respectivamente o primeiro em espectrofluómetro automático (Perkin-Elmer 204) e o segundo pelo método do ácido ascórbico segundo Strickland e Parsons (13).

A Fig. 47 (Vol. II-4-3, RESBAL, 1980) resume os resultados dos ensaios mais bem sucedidos que dão um valor médio da ordem dos 120 minutos, e que parece comparar bem com outros valores experimentais estabelecidos noutras latitudes.

6 - CONDIÇÕES DE DISPERSÃO E ESCOAMENTO

Na caracterização geral a que se procedeu do estuário do Tejo no âmbito do estudo sobre os meios receptores RESBAL (II-4-I, Tomo 1) procedera-se já ao cálculo de coeficientes de difusão longitudinal, K_{xx} , em diversas secções e para diversas condições do rio, bem como ao computo de caudais de escoamento, Q_d , tempos de residência T_f e velocidades de água doce V_x .

No entanto as aplicações de engenharia que se torna necessário concretizar na região estuarina e, em particular, a orientação adoptada no sentido de aferir modelos gaussianos simplificados em vez de recorrer a modelos hidrodinâmicos incapazes de

simular a distribuição de campo de esgoto com o necessário pormenor, implicam naturalmente a estimativa realista de coeficientes de dispersão vertical e transversal, K_z e K_y .

Se os primeiros porém são razoavelmente calculadas a partir de dados oceanográficos disponíveis pelas fórmulas conhecidas de Pritchard (12), Bowden (4), Bowden e Hamilton (5), Munk e Anderson (11) e ainda O'Connor e McDonwel (9) já para os segundos, K_y , se torna evidente a necessidade do recurso a ensaios experimentais susceptíveis de produzir estimativas directas daquele parâmetro.

No Quadro V indicam-se os resultados preliminares obtidos para K_y , em testes com Rodamina B especificamente concebidos para o efeito e efectuados por conta dos Serviços Municipalizados da Câmara Municipal de Oeiras.

Indicam-se igualmente os valores teóricos obtidos a partir das fórmulas de West e Cotton (14).

O detalhe da metodologia utilizada será posteriormente objecto de Comunicação (3).

7 - FAUNA BÊNICA E RECURSOS HALIÊUTICOS

Na região da Guia e Baía de Cascais, o levantamento da situação de referência para as comunidades bióticas potencialmente afectadas pelas futuras descargas de esgoto foi parcialmente conseguido no âmbito dos Estudos Complementares de Oceanografia cometidos à DRENA em 1980. O detalhe das investigações foi publicado em Março de 1981 e o programa foi orientado cientificamente pelo Prof. Dr. Luís Saldanha da Faculdade de Ciências de Lisboa.

Esse esforço consistiu fundamentalmente no levantamento da macrofauna bènica e das populações nectónicas epibènicas numa faixa costeira que vai da ponta da Galé ao Guincho, ao limite Oeste do Cachopo Norte, na Barra do Tejo.

Na Fig. 5 dos Estudos Complementares de Oceanografia na Região de Cascais, D.G.S.B., 1981, indica-se a localização exacta dos transectos para a fauna bènica que procuram cobrir em termos análogos as variações associadas ao gradiente de profundidade e compreender ainda a zona de influência imediata do emissário projectado - entre Sta. Marta e o Serrão - e outras duas para comparação abertamente marinha uma de transição para o estuário e outra. Na mesma figura indicam-se ainda as zonas em que foram praticadas capturas por arrasto sensivelmente na perpendicular dos transectos estabelecidos.

Em paralelo foi executado um pormenorizado inquérito aos pescadores que permitiu identificar, localizar e descrever os principais pesqueiros da região, quer de arrasto quer de aparelho.

Verificou-se assim em termos de recursos haliêuticos que ambas as zonas prospectadas, a Guia e a Baía de Cascais, constituem "nurseries" sendo ainda a zona da Baía de Cascais uma zona de desova para o peixe-rei (*Atherina presbyter*) e importante para o robalo (*Dicentrarchus labrax*). Verificou-se também a ocorrência de importantes populações de cefalópodes na zona da Guia.

Para o estuário dispunha-se de um conjunto muito razoável de informação obtida no âmbito do Projecto "Estudo Ambiental do Estuário do Tejo", pelo que neste domínio apenas pareceu relevante proceder a um inquérito aos profissionais de pesca que actuam na região no mesmo período e segundo metodologia análoga ao utilizado para a zona costeira.

Os dados obtidos na região da Guia - Baía de Cascais foram analisados segundo diversas perspectivas. Assim:

a) Organismos indicadores

Para além dos organismos característicos dos diversos povoamentos bentónicos identificados, alguns há que são propostos na literatura quer como indicadores da poluição orgânica intensa, quer como característicos de zonas sub-normais em que o teor da matéria orgânica ainda é elevado, quer ainda como afins de zonas particularmente puras.

No Quadro VI apresenta-se a sistematização da ocorrência destes indicadores para a região estudada e dela decorre, se abstrairmos do gradiente de profundidade, uma indicação no sentido do aumento do teor de matéria orgânica do Guincho para a Baía de Cascais e circalitoral costeiro em frente à Guia.

b) Diversas estatísticas

É frequente também nos estudos da fauna benthica a utilização de várias estatísticas nomeadamente a distribuição do número de espécies n , do número de indivíduos N e respectivo quociente n/N , da diversidade de SHANNON-WEAVER H' , e da uniformidade $E (1)$.

Os respectivos valores e distribuição apresentam-se conjuntamente no Quadro VII, não se podendo dizer que sejam particularmente conclusivos. Indicam no entanto uma diminuição da relação n/N em função do gradiente de profundidade quer no transecto da Guia quer no da Baía de Cascais.

c) A distribuição Log-normal

Pareceu útil assim recorrer ainda neste caso ao método proposto por GRAY e MIRZA e que parte do pressuposto que uma comunidade benthica em equilíbrio observa uma distribuição log-normal, facto aliás reconhecido para um grande número de populações estatísticas (7).

Fundamentalmente o método plota as percentagens cumulativas das espécies capturadas em cada transecto (ou estação) em função das classes geométricas dos indivíduos por espécie. Uma quebra de linearidade produzindo um troço de inclinação inferior a 35° é considerado indicativo de poluição.

Assim as Fig. 15 a 19 (Estudos Complementares de Oceanografia, D.G.S.B., 1981) que resumem para as principais regiões estudadas, este tipo de análise parece confirmar as indicações fornecidas pelos índices anteriores verificando-se ainda no pormenor (análise por estação) a ocorrência de uma situação de perturbação no circalitoral da Guia e nas estações da Baía de Cascais.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - AGG, A.R. e COULD, D.J. (1978)
"Investigation of sewage discharges to some British Coastal Waters". Chapt. 2 - Indicators of Pollution
T.R. 67, W.R.C., April 1978
- 2 - BELLAIR, J.T., PARK-SMITH, G.A. e WALLIS, I.G. (1977)
"Significance of diurnal variations in fecal coliforms Die-off rates in the design of ocean outfalls"
J.W.P.C.F., September 1977, pp. 2022-2030
- 3 - BETTENCOURT, A.
Relatório para os Serviços Municipalizados da C.M. Oeiras
(em preparação)
- 4 - BOWDEN, K.F. (1967b)
"Stability effects on mixing in tidal currents"
Phys. Fluids. Suppl. 10, S, 278 - S 280
- 5 - BOWDEN, K.F. e HAMILTON, P. (1975)
"Some experiment with a numerical model of circulation and mixing in a tidal estuary"
Est. Coast. Marine Science (1975), 3, 281-301
- 6 - DRENA - HIDROPROJECTO
II-4-2 - Águas costeiras adjacentes, II-4 - Meios receptores
RESBAL, 1980
- 7 - GRAY, J.S. e MIRZA, F.B., (1979)
"A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities". Marine Poll. Bull., vol. 10, pp. 142-146 (1979)
- 8 - IRVING, T.E. (1977)
"Preliminary investigations on the effects of particulate matter on the fate of sewage bacteria in the sea"
Techn. Rep. W.R.C., 1977, TR. 55
- 9 - McDOWELL, D.M. e O'CONNOR, B.A. (1972)
"Hydraulic behaviour of estuaries"
Macmillan, 1972
- 10 - MONTEIRO, J.H. (1971)
"Relatório das análises dos sedimentos colhidos na área da Barra do Tejo, em Setembro e Outubro de 1970"
Instituto Hidrográfico, Secção de Geol. Submarina, Lisboa, 1971
- 11 - MUNK, W.H. e ANDERSON, E.R., 1948
"A note on the theory of the thermocline"
Journal of Marine Research, 7, 276-295, 1948
- 12 - PRITCHARD (1960)
"The mixing and movement of contaminants in tidal estuaries"
Proc. 1st Int. Conf. Waste Disposal in the Marine Environment"
Univ. California, Pergamon Press, 1960
- 13 - STRICKLAND, J.D.H. e PARSONS, T.R., 1972
"A practical handbook of seawater analysis"
Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, 1972
- 14 - WEST, J.R. e COTTON, A.P. (1981)
"The measurement of diffusion coefficients in the Conwy Estuary"
Estuarine Coastal and Shelf Science, Vol. 12, No 3, March 1981, pp. 323-336

QUADRO I
 ESGOTO URBANO - COSTA DO ESTORIL (mg/l)

PARÂMETRO	V. MÉDIO	GAMA DE VARIAÇÃO
pH	7,76	7,55 - 7,90
Alcalinidade total	379	305 - 490
Sólidos em suspensão	202	54 - 467
Sólidos dissolvidos	936	580 - 1515
Sólidos decantáveis	11,5	4 - 22
Mn ₄ O ₄ K	52,2	35 - 70
BOD ₅	336	188 - 640
N _{total}	65,7	30 - 115,5
Cl	252	128 - 454
SH ₂	1,23	1,0 - 1,5
SO ₄	109,4	70 - 153
Detergentes aniônicos	8,7	4,7 - 15
Óleos e gorduras	27,6	13 - 33

Coliformes fecais x 10 ⁷ (MPN/100 ml)	2	0,014 - 17
---	---	------------

QUADRO II
ESGOTO URBANO DE LISBOA**

PARÂMETRO	Valor mínimo	Valor máximo	Valor médio
Sólidos totais	880	1721 (6204)*	<u>1286</u>
Sólidos suspensos totais	100	917	<u>319</u>
Sólidos dissolvidos totais	640	1531 (5898)*	<u>976</u>
Substâncias decantáveis (cm ³ /l)	2	34	<u>8,4</u>
BOD ₅	95	690	<u>340</u>
COD	365	1651*	<u>714</u>
Azoto total médio (N)			<u>61</u>
Azoto orgânico (N)	0	58,5	<u>27,1</u>
Azoto amoniacal (NH ₄ ⁺)	18	62,8	<u>36,3</u>
Cloretos (Cl)	124	596	<u>203,4</u>
Alcalinidade (em CO ₃ Ca)	230	425	<u>342</u>
Óleos e gorduras	14	252	<u>63,6</u>
Fósforo total (P)	8,6	14,3	<u>12</u>
Hidrocarbonetos			<u>7,9</u>
Cianetos			<u>0,02</u>
Arsénio			<u>0,019</u>
Chumbo			<u>0,270</u>
Cobre			<u>0,24</u>
Crómio total			<u><0,02</u>
Cádmio			<u>< 0,1</u>
Ferro			<u>2,77</u>

* Av. de Berlín

** Os valores vêm em mg/l excepto no caso de substâncias decantáveis que vêm em cm³/l

QUADRO III
CARGAS POLUENTES DOMÉSTICAS E INDUSTRIAIS

BACIA	HAB	HAB EQUIV	% IND	BOD kg/dia
Vinhas	46 137	6 435	12,2	2 858
Lage	90 173	46 530	34	7 522
Barcarena	55 973	31 065	35,7	4 793
Jamor	119 351	75 735	28,8	10 762
Trancão	153 970	197 362	56,2	19 564
Rio Frio	24 194	8 265	25,5	1 778
Moita	45 000	12 950	21,7	3 141
Malpique	33 812	18 055	24,6	2 456
Coina	112 775	40 360	26,4	8 390
Judeu	30 505	8 025	20,8	2 105
Sto. Estevão	16 881			912
Lisboa	1 068 276	582 520	35,3	90 890
Sta. Marta	155 474	155 440	50	17 256
V. Franca	112 962	552 870	83	37 614
Caparide	104 676	9 855	8,6	6 214

QUADRO IV
CARGAS POLUENTES ANUAIS NO ESTUÁRIO DO TEJO
(Ton/ano)

	BOD	SÓLIDOS S.	AZOTO TOTAL	FÓSFORO TOTAL
Rio Tejo	>30 000	1-5x10 ⁶	>30 000- -40 000	>2 200
Esgotos Lisboa s/tratamento				
1980	26 000	26 100	5 900	1 000
2010	50 300	50 600	11 400	1 900
Efluente ETAR s/denitrificação				
1980	5 100	5 200	2 950	900
2010	9 870	10 070	5 700	1 700
Efluente ETAR c/denitrificação				
1980	5 100	5 200	1 180	900
2010	9 870	10 070	2 280	1 700
Total descargas domésticas s/tratamento				
1980	51 800	50 140	9 120	1 830
2010	81 000	68 000	14 000	2 920

QUADRO V
TEJO - COEFICIENTES DE DISPERSÃO TRANSVERSAL, K_y ($m^2 \cdot s^{-1}$)

	Data	Zona	Cond. hidrodinâmicas	Método	Ky	
					Vazante	Enchente
EXPERIMENTAL	11/02/84	Oeiras	Maré morta	R. Lewis (1978)	0,76 0,90	
	16/04/84	Oeiras	Maré viva	R. Lewis (1978)	1,54 2,03 2,67	
	25/10/78	Barreiro	Maré morta	Norris (1973) Richardson e Stomwell (1978)	0,52 1,20	
TEÓRICO		Polo J Polo 43 Polo 47 Polo 53 (AGPL)		West e Cotton (1981)	0,03-0,74 0,8 -1,41 0,04-0,26 0,1 -1,60	0,03-0,66 0,31-1,19 0,05-0,36 0,12-1,09

QUADRO VI
INDICADORES DE POLUIÇÃO

INDICADOR	GUINCHO		SERRÃO		GUIA				CASCAIS		
	8	8"	6"	7"	1	2	3	4	13	12/12"	11
Ampharete grubei						●	●	●			
Andounia tentaculata										●	
Abra alba				●	●	●	●	●		●	●
Lumbrineres latreilli	●		●		●			●	●	●	●
Corbula gibba	●				●			●	●		
Hyalinoecia bilineata								●			
Thyasira flexuosa								●			
Asterídeos	○		○	○		○	○				
Ofiurídeos		○			○		○	○	○	○	○
Nephtys hombergi						○		○			

QUADRO VII
FAUNA BÊNICA (GUIA)

Estações	Nº espécies (n)		Nº indivíduos (N)	n/N	H'		$E = \frac{H'}{\ln n}$	
6"	10		74 (271)	0,135	1,819 (?)		0,790 (?)	
7"	21		150	0,140	2,534		0,832	
8	26		195	0,133	2,732		0,839	
8'	20		(174)		2,307		0,770	
8"	10		69	0,145	1,182		0,513	
10	16		(177)		1,732		0,625	
1	11		48 (176)	0,229	1,451 (?)		0,605 (?)	
1A	6	21	39	0,532	1,581	2,358	0,882	0,775
1B	18				2,188		0,733	
2A	15	24	69	0,348	2,428	2,652	0,896	0,835
2B	17				2,406		0,849	
3A	20	28	98	0,276	2,258	2,353	0,754	0,714
3B	15				2,091		0,772	
4A	43	47	417	0,112	2,623	2,608	0,697	0,677
4B	31				2,478		0,721	
11	43		498	0,086	2,538		0,675	
12/12"	32		254	0,126	2,768		0,799	
13	12		47	0,255	1,689		0,680	