

III SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
(SILUBESA)

APLICABILIDADE DE ALGUNS CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO
DE LAGOAS FACULTATIVAS

Maria Helena F. Marecos do Monte
(Eng^a Química e Sanitarista, Assistente de Investigação, LNEC, Lisboa, Portugal)

Ana Sacramento
(Eng^a do Ambiente, Bolseira, LNEC, Lisboa, Portugal)

RESUMO

Com base em dados experimentais obtidos em duas épocas diferentes do ano (Verão e Inverno) nas lagoas facultativas dos sistemas de lagunagem da Vidigueira e Portimão, apresenta-se uma análise comparativa entre o funcionamento real e o previsto pelos critérios empíricos de dimensionamento de Mc Garry e Pescod, Arthur, Mara (1987) e OMS, em termos de remoção de carga orgânica superficial aplicada.

Conclui-se que a remoção de matéria orgânica (medida em CBO₅ e em CQO) e de coliformes fecais não é traduzida pelos modelos racionais, tanto de mistura completa como de escoamento em êmbolo.

Determinam-se duas equações que traduzem a remoção de carga orgânica superficial em função da carga orgânica aplicada, para cada uma das lagoas facultativas em estudo, e são comparadas as rectas ajustadas com a determinada por McGarry e Pescod.

1 - INTRODUÇÃO

O tratamento de águas residuais (AR) municipais e industriais em sistemas de lagoas de estabilização tem vindo a ser incrementado desde o princípio do século, tendo actualmente uma larga utilização, devido, principalmente, à economia do processo, tanto em termos de primeiro investimento como em termos de exploração, já que os consumos energéticos existentes se resumem à energia solar e os cuidados de operação são simples e dispensam operadores altamente qualificados.

A estas vantagens de ordem económica somam-se os benefícios de uma boa eficiência do processo na remoção de poluentes e uma eficiência de remoção de microrganismos patogénicos superior dos restantes processos biológicos.

A complexidade das interacções bioquímicas existentes num ecossistema natural, como é o caso das lagoas de estabilização, influenciadas por factores de controlo difícil ou mesmo impossível, como as condições climáticas, a composição da água residual afluente, as características do escoamento hidráulico, as características geométricas do sistema, etc., conduziram ao desenvolvimento de uma grande variedade de critérios de dimensionamento.

Em Portugal, o processo de lagunagem tem sido implementado com entusiasmo, como o atesta o número de sistemas construídos. Existem actualmente cerca de 70 sistemas de lagunagem, 20 dos quais destinados ao tratamento de AR municipais e 50 para o serviço de unidades industriais, encontrando-se cerca de uma a duas centenas em construção (GOMES de SOUSA, 1988).

Não obstante o número de instalações existente, não foi ainda estabelecido nenhum critério de dimensionamento de lagoas de estabilização adaptado às condições portuguesas.

Esta comunicação pretende comparar os resultados experimentais obtidos em duas lagoas facultativas, pertencentes a distintos sistemas de lagoas de estabilização - Vidigueira e Portimão -, com os resultados previsíveis a partir de modelos de dimensionamento empíricos e racionais, de modo a tentar inferir qual o modelo que melhor se adapta aos resultados experimentais.

2 - METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O estudo incidiu sobre duas lagoas facultativas inseridas em dois sistemas de lagunagem distintos: a lagoa facultativa da Vidigueira, que recebe o efluente de uma lagoa anaeróbia, e a lagoa facultativa de Portimão, que é uma lagoa primária, uma vez que o seu afluente sofre apenas um tratamento preliminar, sendo o efluente posteriormente tratado numa lagoa de maturação, antes de ser lançado no meio receptor (Ribeira de Boia).

Trata-se, portanto, de dois tipos de lagoas facultativas distintas, não só pelo seu posicionamento na série que constitui o sistema de tratamento, como pela sua situação geográfica e pelos diferentes tipos de população que servem.

Os resultados que se apresentam foram obtidos em duas campanhas de amostragem (Quadro 1), que corresponderam à época do Verão e do Inverno.

Quadro 1 - Duração das campanhas de amostragem

ETAR	VERÃO	INVERNO
Vidigueira	Junho 84 - Agosto 84 (10 semanas)	Dezembro 84 - Fevereiro 85 (8 semanas)
Portimão	Setembro 84 - Outubro 84 (5 semanas)	Fevereiro 85 - Abril 85 (5 semanas)

Refira-se que os dados apresentados foram colhidos no âmbito de um estudo cujo objectivo consistiu na determinação do tempo de retenção real, baseado em ensaios com traçadores, tendo sido o planeamento das campanhas de amostragem dirigido nesse sentido e a duração das campanhas foi função do tempo de passagem do traçador utilizado. Ao tratar tais dados para o estudo em questão, verificou-se que o planeamento das campanhas não fora o mais adequado e que outro planeamento deveria ser efectuado para que os resultados se pudessem apresentar mais conclusivos.

Foram colhidas amostras compostas em 24 horas, duas vezes por semana, do afluente e do efluente das lagoas facultativas em estudo (exceptua-se a campanha realizada no Verão na Vidigueira, em que a amostragem se efectuou apenas uma vez por semana), para determinação de vários parâmetros físico-químicos, entre estes, CBO₅, CQO e sólidos suspensos totais (SST). Semanalmente foi colhida uma amostra simples do afluente e do efluente, destinada à determinação de coliformes fecais.

Na campanha de Inverno na Vidigueira foram igualmente colhidas, duas vezes por semana, amostras compostas em 24 horas do esgoto bruto, o que só foi possível efectuar uma única vez na campanha de Verão.

Na campanha de Verão em Portimão foram igualmente colhidas, duas vezes por semana, amostras compostas em 24 horas do efluente da lagoa de maturação, não tendo sido possível efectuar nenhuma na campanha de Inverno.

Em três das quatro campanhas de monitorização o caudal afluente às duas ETAR's foi determinado com base em medições horárias do nível do líquido no canal de Parshall existente à cabeça de cada uma das estações; na campanha de Inverno em Portimão o caudal afluente foi registado utilizando um medidor e registador de caudal Manning L-3000 A.

3 - CARACTERIZAÇÃO DO FUNCIONAMENTO GLOBAL DOS SISTEMAS DE LAGUNAGEM ESTUDADOS

A ETAR da Vidigueira trata as águas residuais referentes a uma população de aproximadamente 5000 habitantes, depurando a de Portimão as águas residuais de cerca de 7000 habitantes no Inverno e 18000 habitantes na época estival (valores referentes ao período de estudo, 1984 - 1985).

Com base nos valores de caudal e de concentração em CBO₅ do afluente às ETAR's foram determinadas as capitães respectivas, em l/hab/dia e em g CBO₅/hab/dia (Quadro 2).

Quadro 2 - Capitações afluentes

ETAR	CAMPANHA	CAPITAÇÃO	
		ÁGUA RESIDUAL (l/hab/dia) *	CBO ₅ (g/hab/dia)
VIDIGUEIRA	VERÃO	60,5	26,0 a)
	INVERNO	176,3	48,6 b)
PORTIMÃO	VERÃO	198,7	61,4 c)
	INVERNO	556,7	144,5 b)

* Média com base em medições diárias

a) Valor relativo a uma amostra

b) Média relativa a treze amostras

c) Média relativa a cinco amostras

O Quadro 3 apresenta os valores médios das eficiências globais de cada um dos sistemas de lagunagem em termos de remoção de CBO₅, de CQO e SST, considerando o afluente à primeira lagoa e o efluente final do sistema.

Quadro 3 - Eficiências globais de remoção de CBO₅, CQO e SST

		% REMOÇÃO		
		CBO ₅	CQO	SST
VIDIGUEIRA	VERÃO (a)	82,5	49,0	56,2
	INVERNO (b)	86,8	70,3	61,4
PORTIMÃO	VERÃO (a)	72,9	60,1	72,6
	INVERNO (b)	ND	ND	ND

a) valor relativo a uma amostra

b) valor relativo a 13 amostras

c) valor relativo a 5 amostras

ND - Não determinado

O efluente da lagoa facultativa da Vidigueira corresponde ao efluente final da ETAR, tendo-se verificado que 81% das amostras efectuadas apresentam teores de CBO₅ superiores a 30 mg CBO₅/l e 100% das amostras superiores a 150 mg CQO/l. As determinações de coliformes fecais revelaram que 100% das amostras registaram valores superiores a 10⁴ CF/100 ml, correspondentes a uma redução de 10² relativamente ao afluente.

Em Portimão, o efluente da lagoa facultativa, embora não se trate do efluente final uma vez que a série é composta pela referida lagoa facultativa seguida de lagoa de maturação, apresentou concentrações superiores a 30 mg CBO₅/l em 78% das amostras e, valores superiores a 200 mg CQO /l em 100% dos casos. As determinações de coliformes fecais revelaram valores superiores

a 10^4 CF/100 ml em todas as amostras analisadas, o que corresponde a uma redução de 10^4 CF/100 ml numa só lagoa.

Os resultados relativos ao efluente final da ETAR de Portimão revelam valores menos satisfatórios relativamente aos do efluente da lagoa facultativa (100% amostras com valores superiores a 65 mg CBO₅/l e 290 mg CQO/l).

No entanto, convém referir que as determinações de CBO₅ e CQO foram efectuadas sobre amostras não filtradas, contribuindo o teor em algas para os valores de CBO₅ e de CQO. Considerando que cerca de 55 a 60% da CBO₅ é devida à massa algal (GOMES de SOUSA, 1987), os valores correspondentes à carência bioquímica de oxigénio, devida à matéria orgânica solúvel é apenas 40 a 45% da CBO₅ determinada.

A qualidade previsível dos efluentes referidos, se as amostras tivessem sido filtradas, apresentaria valores de CBO₅ mais satisfatórios. Na Vidigueira apenas 33% das amostras apresentariam valores superiores a 30 mg CBO₅/l. Em Portimão, embora o efluente da lagoa facultativa apresente apenas 44% das amostras com CBO₅ superior a 30 mg CBO₅/l, o efluente final já o revelou em 83% das amostras.

Apresenta-se no Quadro 4 as eficiências de remoção de CBO₅, CQO, SST e coliformes fecais registadas nas 4 campanhas de monitorização nas lagoas facultativas estudadas.

Quadro 4 - Eficiência de remoção de CBO₅, CQO, SST e coliformes fecais das lagoas facultativas

		% REMOÇÃO			
		CBO ₅	CQO	SST	coliformes fecais
VIDIGUEIRA	VERÃO a)	57,9	55,0	-80,9	98,4 d)
	INVERNO b)	69,4	31,2	-12,9	98,1 e)
PORTIMÃO	VERÃO c)	64,3	39,6	27,2	ND
	INVERNO b)	79,6	50,9	75,4	99,9

- a) Valor relativo a 8 amostras d) Valor relativo a 2 amostras
 b) Valor relativo a 13 amostras e) Valor relativo a 7 amostras
 c) Valor relativo a 5 amostras ND - Não determinado

O facto de a percentagem de remoção de SST se verificar negativa no caso da Vidigueira deve-se ao facto de se tratar de amostras não filtradas, contendo portanto elevado número de algas microscópicas, as quais contribuem decisivamente tanto para o teor de SST como de CBO.

4 - CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

4.1 - NOTA PRÉVIA

As abordagens com vista ao estabelecimento de critérios de dimensionamento de lagoas de estabilização têm seguido duas correntes:

a) *critérios empíricos* baseados em dados colhidos em sistemas de lagunagem exist-

tentes e que definem a carga de CBO₅ (kg CBO₅/ha/dia ou kg CBO₅/m³/dia, consoante se trate de lagoas facultativas ou anaeróbias) possível de ser aplicada sem implicar risco de mau funcionamento do sistema;

b) *critérios racionais* que tentam modelar o funcionamento de lagoas com base na teoria cinética dos reactores químicos e nas leis fundamentais da hidrodinâmica, de modo a descrever o fenómeno de transporte da massa poluente e sua remoção.

4.2 - CRITÉRIOS EMPÍRICOS

Têm sido estabelecidos por diversos autores vários critérios empíricos de dimensionamento de lagoas facultativas, válidos para lagoas cujo afluente apresente características próximas, com geometria similar e situadas em locais de clima semelhante. Numa tentativa de não alargar excessivamente a comparação dos resultados obtidos nos períodos de monitorização descritos, seleccionaram-se os critérios empíricos de maior utilização (MARA, 1987) na actualidade, traduzidos pelas curvas da Fig. 1.

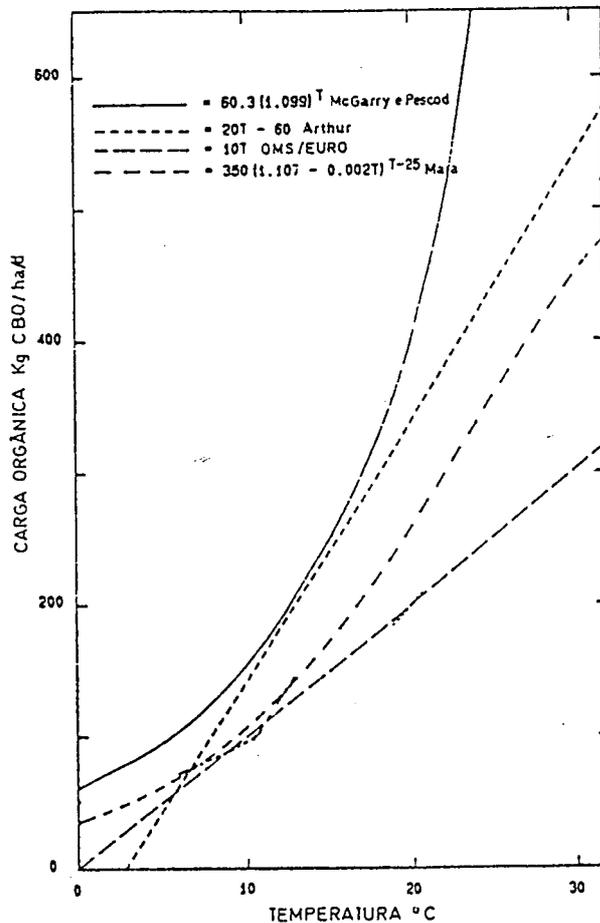


Fig. 1 - Modelos empíricos para dimensionamento de lagoas facultativas. (adaptado de MARA, 1987)

Equação de MC GARRY & PESCOD

$$\lambda = 60,3 (1,099)^T \quad (\text{eq.1})$$

Equação de ARTHUR

$$\lambda = 20T - 60 \quad (\text{eq.2})$$

Equação OMS/EUROPA

$$\lambda = 10T \quad (\text{eq.3})$$

$$A = 350 (1,107 - 0,002T)^T - 25 \quad (\text{eq.4})$$

Nestas equações, A representa a carga orgânica superficial (expressa em kg CBO/ha/dia) e T a temperatura (em °C) nas lagoas. Usualmente, em termos de dimensionamento, utiliza-se o valor de T correspondente à situação mais desfavorável, ou seja, a temperatura média do mês mais frio.

A equação de Mc Garry e Pescod determina a carga orgânica aplicável a uma lagoa facultativa sem risco de a sobrecarregar de modo a entrar em anaerobiose, dentro de um intervalo de confiança de 95% de $\pm 32,8$ kg CBO/ha/dia. Esta equação tem constituído a base de partida para a elaboração de numerosas equações empíricas.

A equação de Arthur (ARTHUR, 1983) estabelece uma relação linear entre a carga orgânica e a temperatura, menos conservativa que a equação análoga sugerida previamente por Mara (MARA, 1987).

A equação 3 é recomendada pela OMS para lagoas facultativas na Europa Mediterrânica (Portugal foi incluído nesta zona), admitindo temperaturas inferiores a 20 °C e não considerando cargas inferiores a 100 kg CBO/ha/dia (MARA e PEARSON, 1987).

Recentemente, Mara (MARA, 1987) propôs a Eq. 4, considerando este modelo como satisfazendo a um intervalo de temperaturas bastante amplo.

4.3 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS COM OS CRITÉRIOS EMPÍRICOS SELECIONADOS

Apresentam-se no Quadro 5 as cargas orgânicas superficiais máximas a aplicar, segundo os quatro critérios empíricos seleccionados, para as condições da Vidigueira e de Portimão, em comparação com as cargas orgânicas ocorridas nas quatro campanhas de amostragem.

Quadro 5 - Comparação das cargas orgânicas máximas pelos modelos empíricos e determinadas experimentalmente

Carga orgânica máxima aplicável (kg CBO/ha/dia) segundo o critério de:	VIDIGUEIRA		PORTIMÃO	
	VERÃO	INVERNO	VERÃO	INVERNO
MC GARRY e PESCOD	143,7		182,0	
ARTHUR	124,0		54,0	
OMS/EURO	92,0		117,0	
MARA	91,5		120,3	
Carga orgânica aplicada (kg CBO/ha/dia)	36,1	64,7	339,4	259,1

Ressalta da observação do Quadro 5 que a lagoa facultativa da Vidigueira se encontra subcarregada, o que não constitui surpresa, dado o sistema ter entrado em funcionamento 2-3 anos antes de este estudo e os critérios empíricos se referirem a cargas orgânicas superficiais máximas a aplicar em lagoas facultativas em pleno funcionamento.

O afluente à lagoa apresenta-se mais diluído do que o previsto, para o início da vida útil, uma vez que a contribuição real em CBO per capita (Quadro 2) é inferior aos 54g CBO/hab/dia, habitualmente considerados, e tal verifica-se quer na época de Verão, quer no Inverno, estação em que a contribuição em matéria orgânica carregada pelas águas pluviais contribuiu para a elevação dos valores de captação em CBO. Conclui-se, portanto, estar a lagoa facultativa da Vidigueira sobredimensionada para as cargas hidráulica e orgânica afluentes no período de estudo.

Portimão, contrariamente à Vidigueira, apresenta valores de carga orgânica muito superiores aos aconselhados, sendo a sua sobrecarga evidente, não obstante estar em funcionamento há apenas 3-4 anos aquando do estudo em questão. Não só os caudais afluentes se revelam muito superiores ao projectado, como as captações em CBO se verificaram superiores ao valor usualmente utilizado de 54g CBO/hab/dia.

Não obstante a sobrecarga hidráulica e orgânica observada, verificou-se que, em termos gerais, a eficiência depurativa da lagoa facultativa do sistema de Portimão foi superior à determinada na lagoa facultativa da Vidigueira (Quadro 4). Este facto pode ser parcialmente atribuído à ocorrência de temperaturas ligeiramente mais elevadas em Portimão, o que não invalida a conclusão de que cargas orgânicas inferiores não determinam eficiências depurativas superiores.

4.4 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS EXPERIMENTAIS COM OS MODELOS RACIONAIS

Apresenta-se seguidamente uma análise em que se tentou avaliar se os dados experimentais satisfazem os modelos racionais, ou seja, se o funcionamento das lagoas facultativas, em termos de remoção de CBO₅, CQO e coliformes fecais, poderia ser descrito satisfatoriamente através dos modelos racionais de escoamento em êmbolo e de mistura completa.

Estes modelos consideram as lagoas facultativas como reactores químicos, em que a degradação da matéria orgânica se dá segundo uma reacção de 1ª ordem e em que o fluxo do líquido se realiza de um modo ideal X, sendo traduzidos pelas equações 5 e 6 :

modelo de mistura completa

$$Le = \frac{Li}{kt + 1} \quad (\text{eq.5})$$

modelo de escoamento em êmbolo

$$Le = Li e^{-kt} \quad (\text{eq.6})$$

em que: Li - concentração do afluente

Le - concentração do efluente

k - constante de remoção de 1ª ordem

t - tempo de retenção teórico (V/Q)

Estabeleceram-se correlações lineares entre os valores de $\ln \frac{Li}{Le}$ e o tempo de retenção teórico ($t = V/Q$), para o caso do escoamento em êmbolo, e entre $\frac{Li}{Le} - 1$ e o tempo de retenção teórico, para o caso da mistura completa, considerando a remoção de CBO₅, CQO e de coliformes fecais.

As correlações lineares obtidas apresentam coeficientes de correlação insignificantes. Efectou-se o mesmo tipo de análise obrigando as rectas ajustadas a passarem pela origem dos eixos, para assim se poderem determinar as constantes de de-

gradação do parâmetro em questão. Tal não foi possível, uma vez que as correlações obtidas também se revelaram sem significado.

Conclui-se que os modelos racionais não são aplicáveis às lagoas em questão; uma vez que estas têm um regime hidráulico que não pode ser considerado ideal, por se verificarem fenômenos de curto circuito devidos principalmente ao deficiente posicionamento dos dispositivos de admissão do afluente e de saída do efluente, traduzidos em números de dispersão relativamente elevados: 0,523 e 0,574 para a lagoa facultativa de Vidigueira, respectivamente no Verão e no Inverno, e 0,371 e 0,595 para a primeira lagoa do sistema de Portimão, nas mesmas épocas do ano (MARECOS do MONTE, MARA, 1987).

5 - CARGA ORGÂNICA REMOVIDA EM FUNÇÃO DA CARGA ORGÂNICA APLICADA

Mc Garry e Pescod desenvolveram um modelo estatístico (eq.7) baseado em dados colhidos em lagoas primárias de regiões temperadas e subtropicais, com elevado coeficiente de correlação (0,995), sendo a correlação válida para a faixa de carga orgânica superficial aplicada de 34 a 560 kg CBO/ha/dia (MC GARRY e PESCOD, 1970):

$$\lambda_r = 0,725 \lambda_{ap} + 10,35 \quad (\text{eq.7})$$

sendo λ_r - carga orgânica removida (kg CBO/ha/dia)

λ_{ap} - carga orgânica aplicada (kg CBO/ha/dia)

Ao tentar estabelecer um modelo estatístico semelhante ao de Mc Garry e Pescod com base nos dados experimentais das lagoas facultativas da Vidigueira e Portimão obtiveram-se as seguintes rectas ajustadas:

$$\text{Vidigueira} \quad \lambda_r = 0,71 \lambda_{ap} - 4,38 \quad (\text{eq.8})$$

$$\text{Portimão} \quad \lambda_r = 0,84 \lambda_{ap} - 26,47 \quad (\text{eq.9})$$

Os coeficientes de correlação obtidos entre os dados e as rectas ajustadas foram de 0,867 e 0,915, respectivamente para a Vidigueira e Portimão, para um nível de significância de 95%.

De salientar a semelhança entre a recta obtida para a Vidigueira e a determinada recentemente (GOMES de SOUSA, 1988) para lagoas facultativas, traduzida por:

$$\lambda_r = 0,836 \lambda_{ap} - 4,86 \quad (\text{eq.10})$$

Esta equação foi estabelecida para lagoas facultativas em série, cujo afluente provém de uma lagoa anaeróbia, daí que a recta obtida para Portimão não seja comparável, dado tratar-se de uma lagoa facultativa primária.

A comparação entre as rectas obtidas e a equação de Mc Garry e Pescod é apresentada graficamente na Fig. 2.

Da análise dos gráficos apresentados conclui-se que para a Vidigueira as cargas orgânicas removidas são inferiores às previstas por Mc Garry e Pescod, o que está de acordo com o facto de esta lagoa se encontrar no início da sua vida útil, consequentemente subcarregada, e o critério ter sido estabelecido para lagoas no limite da sua vida útil.

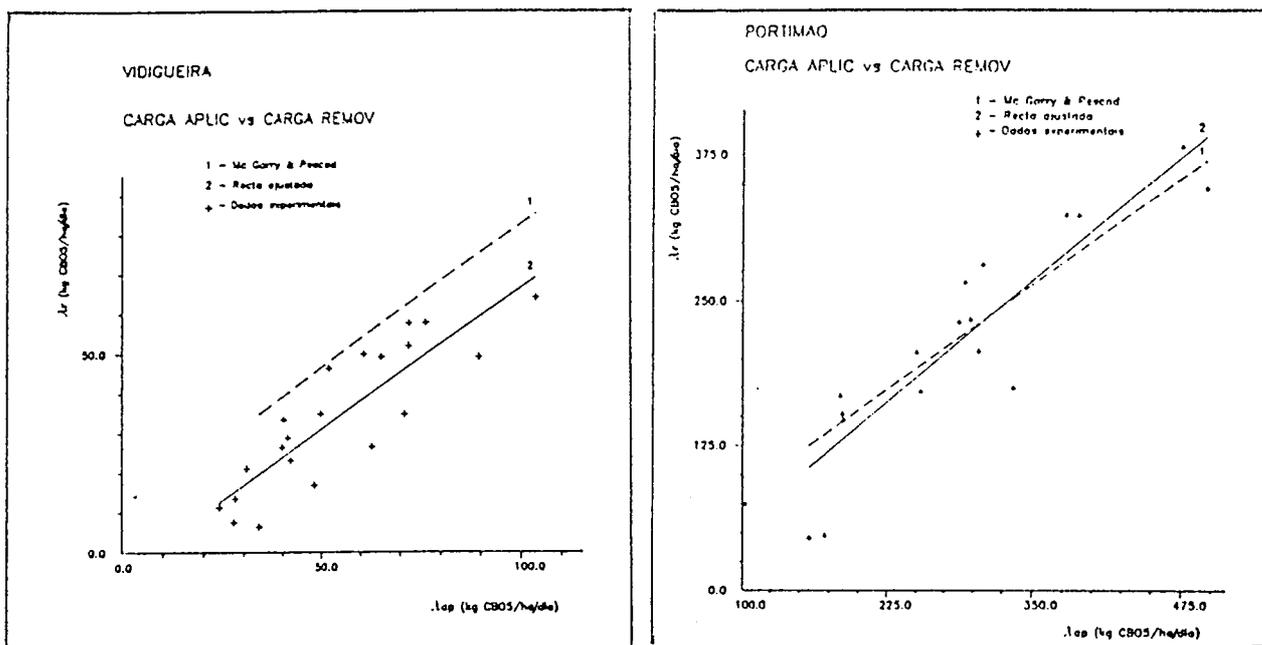


Fig. 2 - Rectas ajustadas aos dados experimentais

A lagoa de Portimão apresenta valores de remoção inferiores aos previstos pela equação de Mc Garry e Pescod para valores de carga aplicada inferiores a 320 kg/CBO5/ha/dia, apresentando valores superiores para cargas superiores.

Para finalizar não queremos deixar de referir que análises deste tipo (carga orgânica removida em função da carga orgânica aplicada) deveriam ser mais elaboradas e ter em conta o tempo de retenção real, pois, ao tomar para cálculos da carga superficial removida, as concentrações de poluentes à entrada e à saída da lagoa no mesmo momento, não traduz correctamente o rendimento de tratamento de lagoas de estabilização.

As amostras de efluente deveriam ser colhidas t dias após a colheita da correspondente amostra de afluente, sendo t o tempo de retenção real. Contudo, esta metodologia ideal é difícil (ou quase impossível) de praticar, a não ser que se colham amostras diárias de afluente e efluente e se realize simultaneamente o estudo experimental do tempo de retenção real. Por isso foi afirmado anteriormente que o conjunto de dados de que se dispunha não era o mais adequado à análise que se pretendia efectuar, concluindo-se que as campanhas de amostragem deveriam ter sido mais extensas no tempo e com colheitas diárias de amostras.

6 - CONCLUSÕES

- 1) Os modelos racionais de mistura completa e de escoamento em êmbolo não traduzem o funcionamento de lagoas enquanto reactores bioquímicos transformadores de compostos poluentes, de natureza orgânica na sua maioria.
- 2) No estado actual do conhecimento a via mais corrente de dimensionamento consiste na utilização de critérios empíricos.
- 3) Se não forem conhecidos critérios empíricos desenvolvidos para condições (climáticas e composição das águas residuais) semelhantes, será mais seguro utilizar o modelo racional de mistura completa, uma vez que este proporciona um maior factor de segurança.
- 4) Os trabalhos experimentais desenvolvidos recentemente em Portugal (MARECOS do MONTE, 1988; GOMES de SOUSA, 1988), embora não permitam ainda definir um critério empírico de dimensionamento, válido para as condições ambientais do nosso país, apontam já para um "Pré-Critério" de dimensionamento, na medida em que, no que respeita a lagoas facultativas, chegam a equações empíricas semelhantes (eq.8 e 10) de remoção de carga orgânica superficial em função da aplicada.

ABREVIATURAS

AR Águas Residuais

CBO₅ Carência Bioquímica de Oxigênio

CQO Carência Química de Oxigênio

SST Sólidos Suspensos Totais

ETAR Estação de Tratamento de Águas Residuais

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARTHUR, J. P. - Notes on the design and operation of waste stabilization ponds in warm climates of developing countries. Washington D. C., The World Bank, 1983.
2. GOMES de SOUSA, J. M. - Wastewater stabilization lagoon design criteria for Portugal. Waste stabilization ponds. Water Science and Technology, Vol.19, no 12, London, IAWPRC, 1987.
3. GOMES de SOUSA, J. M. - Tratamento de águas residuais por lagoas de estabilização. Encontro Internacional sobre o Desenvolvimento da Década da Água. Lisboa, Departamento de Estudos e Planeamento da Saúde, 1988.
4. MARA, D. D. - Sewage Treatment in Hot Climates. Chichester, John Wiley & Sons, 1976.
5. MARA, D. D. - Waste stabilization ponds: problems and controversies. Water Quality International, no. 1, 1987.
6. MARA, D. D.; PEARSON, H.W. - Waste Stabilization Ponds. Design Manual for Mediterranean Europe. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1987
7. MARECOS do MONTE, M.H.F.; MARA, D.D. - The hydraulic performance of waste stabilization ponds in Portugal. Waste Stabilization Ponds. Water Science and Technology, Vol. 19, no. 12, London, IAWPRC, 1987.
8. MARECOS do MONTE, M.H.F. - A Influência das Características Hidráulicas do Escoamento na Eficiência Depurativa de Lagoas de Estabilização. Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1988.
9. MC GARRY, M.G.; PESCOD, H.B. - Stabilization Pond Design Criteria for Tropical Asia. 2nd International Symposium for Waste Treatment Lagoons. Missouri, 1970.
10. MIDDLEBROOKS, E.J. - Design equations for BOD removal in facultative ponds. Waste Stabilization Ponds. Water Science and Technology, Vol. 19, no.12, London, IAWPRC, 1987