



5

**ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS**



**ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

I SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
SISTEMAS DE COLECTA, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO  
FINAL DE ESGOTOS SANITÁRIOS  
FORMULAÇÃO DE EQUAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO  
DE LAGOAS FACULTATIVAS PARA TRATAMENTO DE  
ESGOTOS.

ENG<sup>o</sup> EDUARDO PACHECO JORDÃO, M.Sc.  
PROFESSOR ADJUNTO DA ESCOLA DE ENGENHARIA  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO,  
BRASIL.

RESUMO

As lagoas têm-se mostrado sistemas adequados de tratamento para as condições brasileiras. Uma diversidade de critérios de dimensionamento po rém, tem resultado na aplicação de experiências desenvolvidas em outros países, que já podem ser cotejadas com a experiência nacional.

O autor compara esses diferentes critérios e propõe uma faixa de aplicação de taxas específicas para dimensionamento.

## 1. INTRODUÇÃO

Existem no Brasil condições extremamente favoráveis de clima, e áreas extensas, que beneficiam a solução de lagoas de estabilização para tratamento de esgotos. Esse tipo de solução tem a seu favor ainda os custos muito inferiores aos das estações convencionais de tratamento, as vantagens de minimizar operação e manutenção, e a credibilidade já demonstrada por um número elevado de lagoas em funcionamento no país.

A partir da década de 60, após a construção das lagoas de São José dos Campos, e da Cidade de Deus, no Rio de Janeiro, começaram a se tornar mais populares, e mereceram estudos e pesquisas mais aprofundados.

Essas pesquisas, e a construção das lagoas, se deram principalmente no Estado de São Paulo, onde um razoável número de lagoas foi implantado, no Nordeste, sobressaindo os trabalhos desenvolvidos na Universidade Federal da Paraíba, em Campina Grande, no projeto EXTRABES, e em Minas Gerais.

Recebendo influência da literatura nacional (trabalhos de Benoit Victoretti, Constantino Pessoa, Eduardo Jordão, Max Hess, Vital Balabram, Ysnard Ennes, Manoel Senra, Otávio Senna, Russel Ludwig, Anselmo Silva, e outros), da literatura técnica estrangeira (trabalhos de Osvald, Gotaas, Gloyna, Marais, Mc Garry e Pescod, Yanez, e outros), os projetistas no Brasil têm adotado variados critérios de projeto de lagoas de estabilização, resultando quase sempre em um superdimensionamento do sistema.

Os resultados de lagoas facultativas operando satisfatoriamente foram ajustados em reta pelo autor, e uma equação específica formulada. O trabalho integral foi apresentado no 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, em nov/83 (Jordão et al, 1983).

## 2. CRITÉRIOS CLÁSSICOS DE DIMENSIONAMENTO

Os critérios clássicos de dimensionamento utilizados têm sido os de Hermann e Gloyna, 1958 (relacionando tempo de detenção e temperatura), o de Marais e Shaw, 1961 (baseado em uma cinética de 1ª ordem), e o de Mc Garry e Pescod, 1970 (relaciona cargas de DBO à temperatura média do ar, a partir de constatações reais).

No Quadro 2-1 figuram as expressões clássicas de Hermann e Gloyna, de Marais, e de Mc Garry e Pescod, para o tempo de detenção, a carga que a lagoa pode receber, e o volume da lagoa.

No Quadro 2-2 figuram as expressões para o volume de lagoa, de acordo com as condições ali indicadas, em função apenas da população contribuinte e da temperatura.

## 3. CRITÉRIOS BASEADOS EM MÉTODOS ESTATÍSTICOS, RELACIONANDO CARGAS APLICADAS E REMOVIDAS

Diversos pesquisadores tentaram relacionar a carga removida à carga aplicada, através de análise estatística dos resultados verificados. O Quadro 3-1 apresenta as principais formulações elaboradas, de Mc Garry e Pescod, de Mara e Silva, 1979 (projeto EXTRABES, da U.F., Campina Grande), da CETESB, 1982 e de Yanez, 1983.

Para os casos da experiência brasileira, obteve-se eficiências de até 80% de remoção de DBO, com cargas aplicadas de até 400 Kg/ha.d. em Campina Grande; os valores medidos em São Paulo, onde as temperaturas são mais baixas, são bastante próximos dos obtidos nos experimentos do Nordeste, até a carga de 250 Kg/ha.d, ocorrendo redução de eficiência a partir desse valor.

#### 4. PROPOSIÇÕES

Comparando a experiência anteriormente citada, o autor elaborou as seguintes considerações e proposições:

- 1) É possível projetar lagoas facultativas destinadas a receber cargas mais elevadas que as normalmente aplicadas nos projetos brasileiros. A Ilustração 4-1 compara as cargas aplicadas às lagoas, da faixa de temperatura de 16 a 26° C, seguindo os critérios de Gloyna, Marais, Mc Garry e Pescod, e seguindo a experiência da Paraíba e de São Paulo.

A área hachureada (////) dessa ilustração é aqui sugerida como um indicador de cargas a serem adotadas em projeto, segundo as temperaturas locais.

- 2) É possível estabelecer, em função da experiência e de dados já recolhidos, uma equação relacionando a eficiência da remoção da DBO à carga aplicada, em lagoas facultativas. Para tal foram colocados no gráfico da Ilustração 4-2 os dados disponíveis de Campina Grande, de São Paulo, e de lagoas operando na Índia, em condições similares, referidas por Arceivala, et al, 1970; observa-se que cargas mais elevadas que as usualmente adotadas pelos projetistas no Brasil já têm sido aplicadas com bons resultados.

A equação foi estabelecida com o ajustamento da reta da Ilustração 4-2, através do método dos mínimos quadrados, resultando em:

$$E = -0,044 C_o + 93,06$$

E = eficiência da remoção de DBO

C<sub>o</sub> = carga aplicada, Kg DBO<sub>5</sub>/ha.d

O autor acredita ser possível utilizar, nas condições climáticas do Brasil, uma formulação como a acima apresentada, para projeto de lagoas facultativas em que se deseja remoção da DBO na faixa de 80 a 90%.

QUADRO 2-1

FORMULAÇÕES CLÁSSICAS PARA DIMENSIONAMENTO DE LAGOAS  
FACULTATIVAS (\*)

Critério Parâmetro	Hermann e Gloyna	Marais	Mc Garry e Pescod
Tempo de De- tenção, t =	$0,35 Q L_a \theta^{(35-T)}$	$\frac{E}{k_T (100-E)}$	$\frac{10Lah}{20T-120}$
Carga de DBO, $C_o =$	$\frac{2000h}{7 \times \theta^{(35-T)}}$	$12 S_o \frac{100-E}{E} (T-35) h \theta$	20 T-120
Volume, V =	$3,5 \times 10^{-5} Q L_a \theta^{(35-T)}$	$Q \frac{E}{100-E} \frac{\theta^{(35-T)}}{1,2}$	$\frac{10 Q L h}{20T-120}$

- (\*)
- V = volume da lagoa, m<sup>3</sup>
  - t = tempo de detenção, dias
  - Q = vazão, m<sup>3</sup>/d
  - S<sub>o</sub> = DBO<sub>5</sub>, mg/l
  - L<sub>a</sub> = DBO<sub>f</sub>, mg/l
  - T = temperatura, °C
  - θ = coef. de correção da temperatura
  - C<sub>o</sub> = carga superficial aplicada, KG DBO/ha.d
  - h = profundidade útil, m
  - k<sub>T</sub> = constante de degradação, d<sup>-1</sup>
  - E = eficiência de remoção da DBO
  - N = população contribuinte, hab
  - q = vazão unitária, m<sup>3</sup>/hab.d

QUADRO 2-2

EXPRESSÕES PARA VOLUME DE LAGOA FACULTATIVA (\*)  
SEGUNDO AS CONDIÇÕES ESTABELECIDAS PARA OS PARÂMETROS

Critério	Hermann e Gloyna	Marais	Mc Garry e Pescod
$L_a$	76,7 g/hab.d	- - -	76,7g/hab.d
$\theta$	1,085	- - -	- - -
E	- - -	85%	- - -
q	- - -	0,2m <sup>3</sup> /hab.d	- - -
h	- - -	- - -	1,50
Volume V	2,68 N 1,085 <sup>(35-T)</sup>	0,944 N 1,085 <sup>(35-T)</sup>	$\frac{1150 N}{20T-120}$

(\*) Jordão et al, 1983

QUADRO 3-1

CARGAS REMOVIDAS  $C_R$  E CARGAS APLICADAS  $C_O$   
Varor da  $C_R$  (\*)

Mc Garry e Pescod	Mara e Silva	Cetesb	Yanez
0,725 $C_O$ + 10,75	0,79 $C_O$ + 2	0,8332 $C_O$ + + 0,2243	0,8063 + + 7,67

(\*)  $C_R$  e  $C_O$  em Kg  $DBO_5$ /ha.d

## REFERÊNCIAS

1. Arceivala, S. e outros - "Waste Stabilization Ponds",CPHERI, Nagpur, India, 1970.
2. CETESB - Critérios de Projeto de Lagoa de Estabilização para o tratamento de Esgotos Sanitários", BNH, 1982.
3. Gloyna, E.F. - "Waste Stabilization Ponds", Organização Mundial de Saúde, 1971.
4. Hermann, E.R.; Gloyna, E.F. - "Waste Stabilization Ponds", Sewage and Industrial Wastes, abril 1958.
5. Jordão, E.P., Vasconcellos Fº F., Quental R. - "Revisão de Critérios de Concepção e Dimensionamento de Lagoas de Estabilização e de Aguapés", monografia, 12º CBES, Camboriú, SC, 1983.
6. Mara, D.; Silva, S.A. - "Tratamentos Biológicos de Águas Residuárias", ABES - BNH - CETESB, 1979.
7. Marais, G.V.R.; Shaw V.A. - "A Rational Theory for Design of Sewage Stabilization Ponds in Central and South Africa", anais, South African Institute of Civil Engineers", 3, 205, 1961.
8. Mc Garry, M.G. Pescod, M.B. - "Stabilization Pond Design Criteria for Tropical Asia", anais, "2nd International Symposium for Waste Treatment Lagoons", University of Kansas, 1970.
9. Yanez, F. - Lagunas Facultativas y de Alta Produccion de Biomasa, Instituto Nicaraguense de Acueducts y Alcantarillados, Managua, 1983.

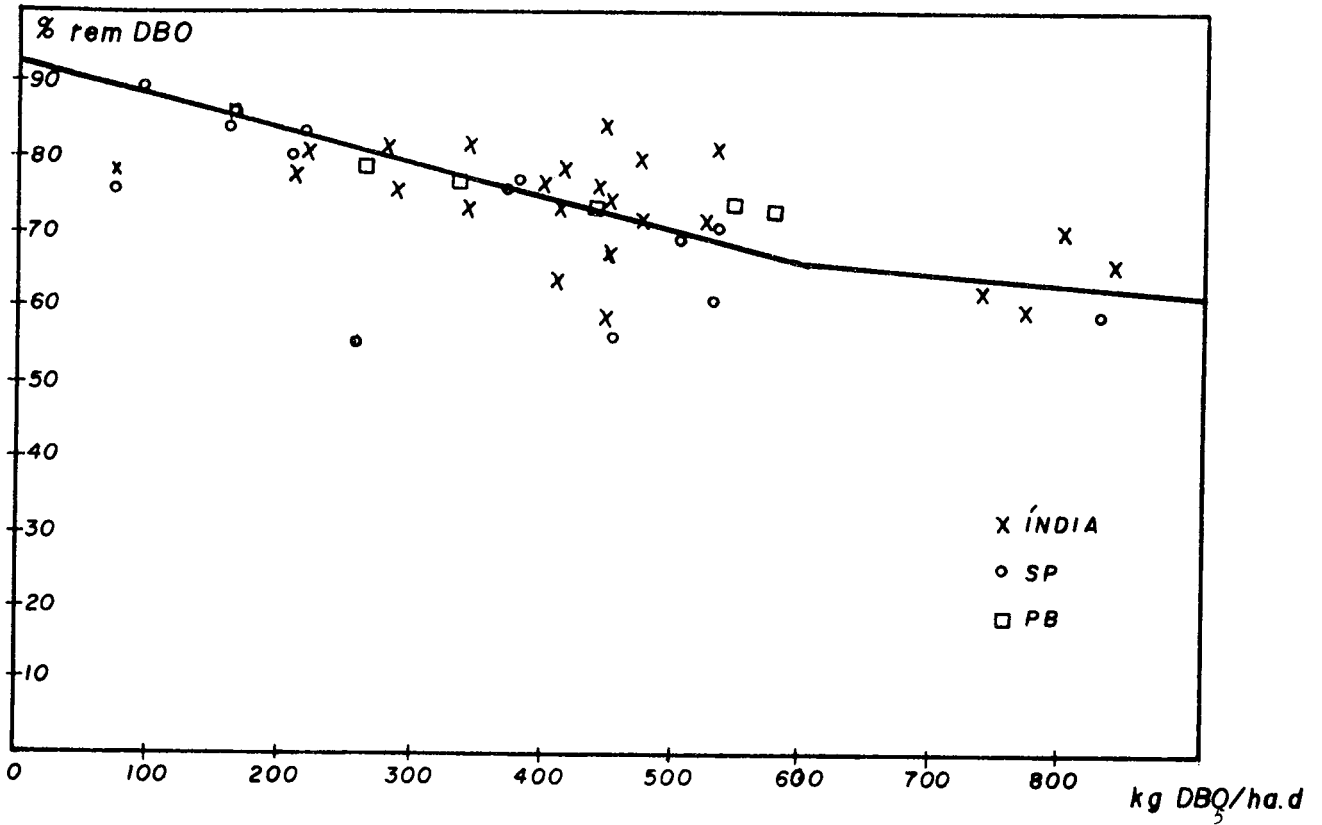


FIGURA 4.2

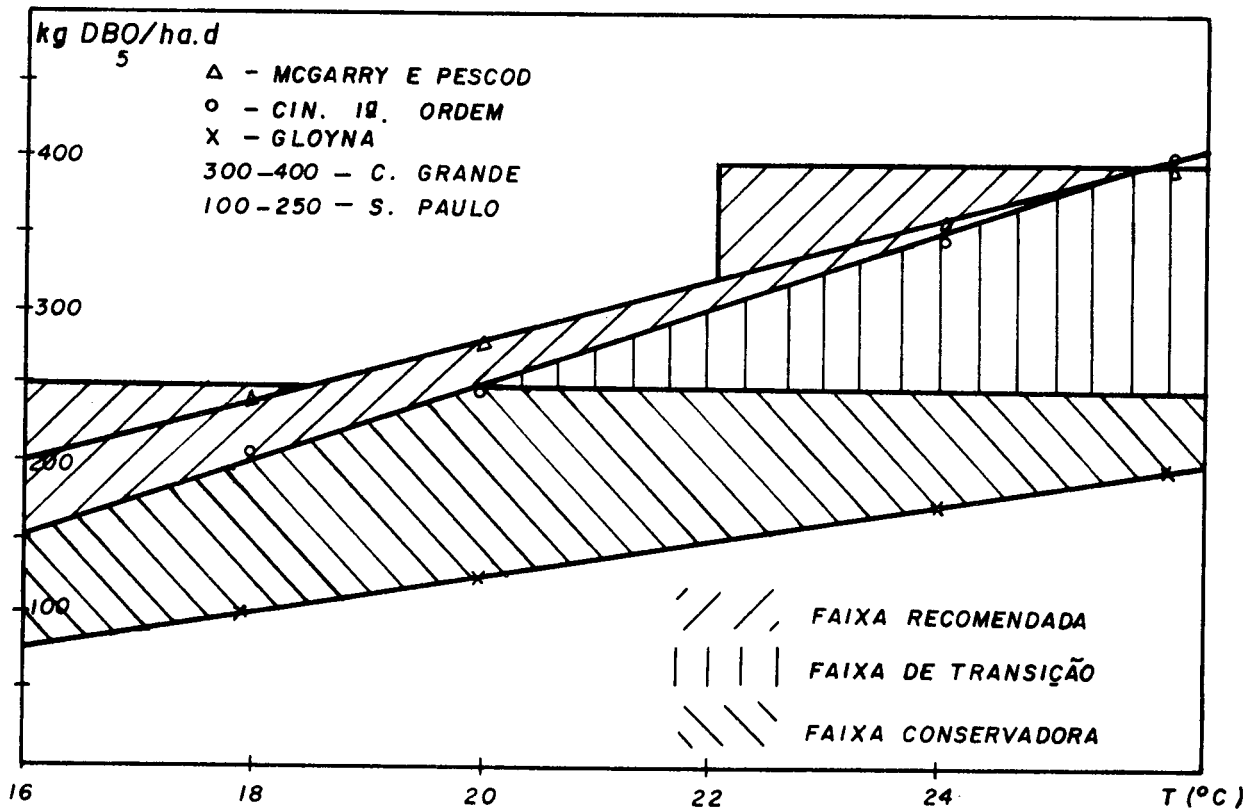


FIGURA 4.1