

LAGOAS AERADAS APLICADAS AO TRA-  
TAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS.

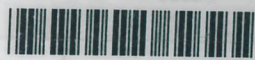
ALEM SOBRINHO, Pedro & RODRIGUES,  
Marcelos Muñoz

ARQUIVO TECNICO

5311  
AL25L  
010377



03963



010377

D 1 D

XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
FORTALEZA, CEARÁ, 20 a 25 de Setembro de 1981  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA - ABES

LAGOAS AERADAS APLICADAS AO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS

ETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA  
V. PROF. FREDERICO HERZANER JR., 345 - CEP. 05459 - PINHEIROS  
SÃO PAULO - BRASIL

PEDRO ALEM SOBRINHO E MARCELO MUÑOZ RODRIGUES  
COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB

- XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - FORTALEZA, CEARÁ, 20 A 25 DE SETEMBRO DE 1981.
- LAGOAS AERADAS APLICADAS AO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS.
- PEDRO ALEM SOBRINHO E MARCELO MUÑOZ RODRIGUES.
- ESGOTOS SANITÁRIOS.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB.
- AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 - PINHEIROS  
CEP - 05459 - SÃO PAULO - SP

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA

MARCELO MUÑOZ RODRIGUES - Engenheiro civil pela Escola Politécnica de Quito-Ecuador, engenheiro sanitaria e Mestre em Saú de Pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

Atualmente é professor da Escola Politécnica de Quito.

PEDRO ALEM SOBRINHO, Gerente, Gerência de Tratamentos Biológicos da CETESB e Professor do Departamento de Hidráulica da Escola Politécnica da USP.

Formação: Engenheiro civil, modalidade Hidráulica, Escola de Engenharia de São Carlos - USP - 1967. Engenheiro Sanitarista-Faculdade de Higiene e Saúde Pública - USP - 1969; "Master of Science in Public Health Engineering", pela Universidade de Newcastle Upon -Tyne, Inglaterra - 1975. Mestre em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo - 1976, candidato ao título de doutor no Departamento de Hidráulica da EPUSP.

Experiências Profissionais: Engenheiro do Consórcio Nacional de Engenheiros Consultores-fevereiro 68 a janeiro 69; Engenheiro do Fomento Estadual de Saneamento Básico - novembro de 70 a outubro de 73, Engenheiro da CETESB, a partir de outubro de 73, onde atuou como Assessor Técnico do Diretor Superintendente de Controle de Poluição das Águas, Gerente da Gerência de Físico-Química da CETESB e atualmente é Gerente da Gerência de Tratamentos Biológicos da CETESB.

### RESUMO

O trabalho apresenta aspectos teóricos e experiências realizadas sobre o processo de Lagoas Aeradas Aeróbias tratando esgotos domésticos.

Os resultados de laboratório se referem à eficiência do processo relativamente à remoção de matéria orgânica e de coliformes, bem como aos parâmetros cinéticos do processo e à separação dos sólidos em suspensão no efluente da lagoa, por decantação e flotação.

# LAGOAS AERADAS APLICADAS AO TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS

## I. INTRODUÇÃO

Embora já utilizado há bastante tempo em vários países, o processo de lagoas aeradas para o tratamento de águas residuárias não tem merecido a mesma atenção que outros processos biológicos utilizados para este fim, provavelmente por falta de maiores informações e dados que permitam um dimensionamento adequado de sistemas de tratamento que utilizam lagoas aeradas, de modo a se obter um efluente final de boa qualidade.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar informações sobre os aspectos de maior importância, relativos às lagoas aeradas em si, e às unidades de separação de sólidos em suspensão do efluente das referidas lagoas, bem como oferecer alguns parâmetros que permitam um projeto racional de um sistema composto das unidades referidas para o tratamento de esgotos tipicamente domésticos.

Os trabalhos foram desenvolvidos com esgoto gradeado da EPQ-Pinheiros da SABESP, que embora recebendo também despejos industriais, pode ser considerado como predominantemente de origem doméstica, e é do tipo fraco, em virtude da diluição que sofre pela entrada de água que ocorre no sistema de coleta e transporte desses esgotos.

A maior parte dos trabalhos de testes foi no período de inverno, portanto representando as condições mais desfavoráveis para os processos biológicos, que pode ser encontrada em parte do Estado de São Paulo, sendo portanto os resultados obtidos bastante seguros para a maior parte do Brasil.

## 2. O PROCESSO DE LAGOAS AERADAS

### 2.1. Generalidades

Historicamente, as lagoas aeradas foram desenvolvidas a partir de lagoas de estabilização, nas quais, nos períodos críticos como por exemplo, inverno, o oxigênio é fornecido por meios artificiais: foi determinado que logo após os aeradores entrarem em operação as algas desaparecem e a população microbiológica presente na lagoa é semelhante a dos "Lodos Ativados".

A experiência tem demonstrado que lagoas aeradas seguidas de separação de sólidos fornecem uma eficiência de remoção de DBO bastante boa mesmo com baixas idades do lodo. A área necessária à instalação deste tipo de lagoa é, em geral, da ordem de 1 a 10 % daquela necessária para lagoas de estabilização do tipo fotossintético.

Este tipo de processo vem se popularizando na última década e, da mesma forma, registra-se uma crescente preocupação pela pesquisa do funcionamento em diferentes condições, tanto em modelo de laboratório piloto como em lagoa em operação normal.

Os trabalhos iniciais sobre o assunto, foram empreendidos por ECKENFELDER e colaboradores, D.J. CONNOR, McKINNEY, E.L. e BENJES, H. que formularam modelos matemáticos sobre a cinética do processo de lagoas aeradas, com abordagens diferentes em relação aos parâmetros básicos do processo.

### 2.2. Tipos de lagoas aeradas

Dependendo do grau de turbulência e da concentração de

oxigênio dissolvido (OD) no interior da lagoa, pode-se ter dois tipos de comportamento: aeróbio e facultativo.

#### LAGOA AERADA AERÓBIA

Quando se dispõe de alta turbulência, a lagoa funciona em regime de mistura completa, ou seja, toda a biomassa é mantida em suspensão, o oxigênio dissolvido é distribuído por toda a massa de água, garantindo desta maneira um processo completamente aeróbio. Figura nº 5a.

#### LAGOA AERADA FACULTATIVA

Com um grau de turbulência baixo, mas suficiente para manter uma aeração adequada, parte da biomassa é decantada, sofrendo no fundo da lagoa uma decomposição anaeróbia, ao contrário da camada superior que tem um comportamento aeróbio. Figura nº 5b.

Um parâmetro normalmente utilizado para diferenciar entre lagoas aeradas aeróbia e facultativa é a densidade de potência ( $D_p$ ) que pode ser expressa

$$D_p = \frac{\text{Potência fornecida à lagoa}}{\text{volume da lagoa}}$$

Vários pesquisadores sugerem determinados valores para o processo aeróbio e facultativo, citados a seguir:

AUTOR	LAGOA AERÓBIA W/m <sup>3</sup>	LAGOA FACULTATIVA W/m <sup>3</sup>
ECKENFELDER	2,5 - 4,0	0,7 - 1,0
BARSH e RANDALL	20,0	3,0 - 4,0
BEBIN J.	10,0 - 30,0	3,0
RAMALHO	>5,0	1,0 - 5,0

Outro pesquisador, FLECKSEDER, relaciona o volume com a densidade de potência para lagoas de mistura completa e apresenta os seguintes valores:

$$20 \frac{W}{m^3} \quad \text{para volume de lagoa de } 500 \text{ m}^3$$

$$10 \frac{W}{m^3} \quad \text{para volume de lagoa de } 2.000 \text{ m}^3$$

Segundo se menciona, na Estação de Tratamento de Esgotos de NETANYA a lagoa tem uma densidade de potência de  $4,7 \frac{W}{m^3}$  para um volume de  $14.000 \text{ m}^3$  e funciona como lagoa de mistura completa.

No entanto, analisando o funcionamento de um aerador superficial, o qual introduz a energia necessária para manter condições aeróbias e de mistura completa na massa de água por intermédio de um dispositivo em movimento rotatório, observa-se que em consequência do movimento rotatório, as partículas em suspensão são afetadas por uma força centrífuga, e por isso tendem a se decantar em direção aos cantos do reator.

Por outro lado, produz-se um vértice central de eixo vertical que origina linhas de fluxo concêntricas, dando como resultado um decréscimo no gradiente de velocidade à medida que aumenta o raio das mesmas, e em consequência, diminui o grau de turbulência.

Com a soma destes dois fenômenos, um aerador superficial, trabalhando isoladamente, apresenta baixa eficiência em termos de mistura, sendo necessária potência adicional para produzir fluxos de interferência e romper o efeito dos fenômenos acima mencionados.

Os fluxos de interferência podem ser conseguidos com a instalação de mais de um aerador, sem necessidade de aumentar a potência, porém diminuindo-se o raio de influência do aerador.

Portanto, com a utilização de vários aeradores, a densidade de potência necessária para obtenção de regime de mistura completa é menor que com um só aerador.

A utilização de vários aeradores uniformemente distribuídos tem efeito similar à subdivisão do reator em várias câmaras em série com o fim de se conseguir maior eficiência na mistura. A seguir apresenta-se uma curva experimental, em que se relaciona a densidade de potência com o número de câmaras em mistura completa ou, como neste caso, com o número de aeradores. Figura nº 2.

Analisando a Figura nº 6, pode-se observar que, utilizando mais de um aerador, a densidade de potência necessária para se manter mistura completa se reduz consideravelmente, apresentando um valor médio em torno de  $4W/m^3$ . Para se obter um bom rendimento, deve-se observar também as seguintes limitações no projeto da lagoa:

Profundidade da lagoa	≈	3 - 4 m
Área superficial por aerador	<	1.500 m <sup>2</sup>
Volume por aerador	<	6.000 m <sup>3</sup>

Cabe destacar que um aerador superficial pode ser eficiente no fornecimento de oxigênio mas não necessariamente eficiente quanto à mistura. Em lagoas aeradas aeróbias para o tratamento de esgoto doméstico, o fator predominante é atingir a condição de mistura completa, pois garantida esta, automaticamente, a oxigenação é suficiente quando o tempo de detenção é maior que 1 dia, pois

com tempos de detenção menores a um dia, a energia para fornecer o oxigênio que demanda a atividade biológica é maior do que a energia necessária para manter os sólidos em suspensão.

### 2.3. Cinética do processo de lagoas aeradas

Aqui serão apresentadas apenas as principais equações do processo e os valores dos parâmetros obtidos por diferentes autores.

A concentração de substrato solúvel no efluente final da lagoa é dada por:

$$\frac{S_o - S_e}{t X_v} = k S_e \quad (1)$$

onde:

$S_o$  = concentração de substrato na alimentação (mg/l)

$S_e$  = concentração do substrato solúvel no efluente final (mg/l)

$X_v$  = concentração de SSV na lagoa (mg/l)

$t$  = tempo de detenção hidráulico (dias)

$k$  = taxa específica de remoção de substrato (l/mg.dia).

A concentração de sólidos na lagoa é dada por:

$$X_v = \frac{X_o + Y (S_o - S_e)}{1 + K_d \cdot t} \quad (2)$$

onde:

$X_o$  = concentração de biomassa na alimentação (mg/l)

$Y$  = coeficiente de síntese celular  $\left( \frac{\text{massa SSV produzida}}{\text{massa de substrato removido}} \right)$

$K_d$  = coeficiente de respiração endôgena  $\left( \frac{\text{massa SSV destruída}}{\text{massa SSV x dia}} \right)$

Para  $X_0 = 0$ , tem-se:

$$X_v = \frac{Y (S_o - S_e)}{1 + K_d t} \quad (3)$$

e

$$S_e = \frac{1 + K_d t}{Y k t} \quad (4)$$

Os valores dos parâmetros cinéticos obtidos de literatura são apresentados na Tabela nº 1.

#### 2.4. Consumo de oxigênio

A necessidade de oxigênio, em lagoas aeradas, pode ser expressa em função do substrato removido e em função de um coeficiente global de utilização de oxigênio ( $a$ ). Normalmente, para esgotos domésticos,  $a$  é inferior a 1,4.

$$\text{Nec. } O_2 = a (S_o - S_e) Q$$

Para lagoas aeradas de mistura completa, tratando esgotos domésticos, o fornecimento de oxigênio é garantido, pois a energia necessária para a agitação é suficiente para fornecer o oxigênio necessário ao processo biológico aeróbico.

#### 2.5. Separação de sólidos do efluente

É indispensável a separação dos sólidos do efluente para se ter uma efetiva remoção de DBO.

Para ter um dimensionamento adequado do decantador final

é conveniente se tomar em consideração os seguintes as  
pectos:

- Tempo de detenção suficientemente longo para permitir a decantação dos sólidos suspensos.
- Volume adequado para o armazenamento de lodo.
- Minimizar o desenvolvimento de algas.
- Minimizar a produção de odor proveniente da decomposi  
ção do lodo decantado.

### 3. PARTE EXPERIMENTAL

#### 3.1. Modelos de laboratório utilizados

A Figura 3 apresenta o esquema do modelo de laboratório utilizado. O volume útil da lagoa era de 54 l. O nível de OD sempre se manteve acima de 6 mg/l, causado pela agitação necessária a se obter mistura completa no rea  
tor.

Com o objetivo de se obter maior número de dados sobre o efluente, instalou-se reatores semi-contínuos de mistura completa que operavam com tempos de detenção mais longos.

#### 3.2. Substrato utilizado

O substrato usado na alimentação do processo foi esgoto predominantemente doméstico, proveniente da Estação de Tratamento de Esgotos de Pinheiros, da SABESP.

#### 3.3. Metodologia do trabalho

Foram programados ensaios com tempo de detenção entre 1 e 4 dias com um período inicial de aclimação de 3 a 4

vezes o respectivo tempo de detenção para se atingir o regime de equilíbrio contínuo, sendo então operados entre 2 e 4 semanas.

De cada ensaio foram obtidos dados necessários para a determinação dos parâmetros cinéticos e a observação do comportamento do processo.

Em relação à separação de sólidos, foram estudadas a flotação com ar dissolvido e a decantação, sempre com o efluente da lagoa na fase de operação em regime de equilíbrio.

Para decantação foi utilizado um bequer de 1 l, deixando-se o efluente da lagoa em repouso por uma hora, sendo as amostras do sobrenadante, retiradas ao final do teste por sifonamento.

Para os ensaios de flotação, foi utilizada uma unidade de flotação, de operação descontínua, simulando um sistema com recirculação do efluente clarificado. Foi utilizado um tempo de detenção, na câmara de flotação, de 10 minutos. O desempenho do sistema foi estudado em função da relação ar/sólidos, que é o mais importante parâmetro do processo de flotação.

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS E CONSIDERAÇÕES PERTINENTES

##### 4.1. Remoção de substrato

A remoção da DBO mostrou-se em geral mais eficiente que a remoção da DQO (resultados apresentados nas Figuras n.ºs. 4 e 5) atingindo valores máximos da ordem de 95 % e 80 % respectivamente, com 4 dias de tempo de detenção.

As várias curvas apresentadas nas Figuras nºs. 4 e 5 mostram a eficiência de remoção da matéria orgânica, considerando DBO e DQO total, solúvel e do sobrenadante dos testes de decantação. Observa-se que a eficiência da remoção, tendo por base a  $DBO_{total}$  do efluente, apresenta valores muito baixos, atingindo um máximo de 55 %. No entanto, a  $DBO_{total}$  do sobrenadante da decantação do efluente, apresenta uma remoção de 90 %, o que nos leva a concluir que os SSV presentes no efluente da lagoa, representam uma porcentagem bem significativa da  $DBO_{total}$  do mesmo. Esta fração é determinada na Figura nº 7, tendo-se obtido:  $DBO_{total} \text{ do efluente (mg/l)} = DBO_{solúvel} \text{ (mg/l)} + 0,46 \text{ SSV (mg/l)}$ .

Sendo assim, verifica-se que é indispensável dispor de um sistema de remoção dos SS após a lagoa de mistura completa. Este sistema complementar de remoção de SS, pode ser uma lagoa de decantação ou sistema de flotação. O uso de uma lagoa facultativa também é uma solução, porém apresenta um inconveniente de requerer maior área e produzir um efluente com grandes quantidades de algas.

No sistema de flotação é preciso que se disponha de um processo de tratamento do lodo produzido, enquanto que nos outros dois não é necessário.

Observa-se nas mesmas Figuras nºs. 4 e 5 que, com tempos de detenção maiores de 4 dias, a remoção de DBO e DQO permanece praticamente constante. Pode-se notar que na Figura nº 6, com tempo de detenção de 4 dias, atingiu-se o menor valor de  $DBO_{solúvel}$  do efluente (3 mg/l) que permanece constante para tempos de detenção maiores.

A DBO da alimentação variou de 57 a 450 mg/l e a DQO de 100 a 1.300 mg/l; no entanto constatou-se que essa variação da DBO na alimentação, praticamente não tem influência na  $DBO_{solúvel}$  do efluente final.

#### 4.2. Nitrificação

Com a temperatura dentro do reator mais ou menos constante (em torno de 16°C) o grau de nitrificação é maior conforme aumenta o tempo de detenção, sendo que com tempo de detenção de 4 dias consegue-se uma boa nitrificação. Constatou-se, também, que com os valores da temperatura em torno de 20°C ou mais e tempo de detenção maior de 3 dias, ocorre desnitrificação, com produção de gás nitrogênio, e o lodo acumulado no decantador, instalado após a lagoa, sobe à superfície, em consequência das bolhas de gás contidas na massa do lodo.

#### 4.3. Remoção de coliformes totais

Obteve-se uma porcentagem máxima de remoção de coliformes totais, de 89 %, para tempos de detenção superiores a 4 dias, o que demonstra ser o processo pouco eficiente para essa finalidade.

#### 4.4. Parâmetros cinéticos

O valor da taxa específica de remoção de DBO foi de  $k = 0,0517 \frac{\%}{\text{mg} \times \text{dia}}$  para uma temperatura média de 16°C, obtido por meio de regressão linear, apresentada na Figura nº 8.

Sendo a taxa de remoção específica dependente da temperatura, pode-se extrapolar o valor obtido para a temperatura de 20°C, como normalmente é apresentado na literatura técnica. Para isto, utiliza-se a expressão (3.4):

$$k_{T_2} = k_{T_1} \theta^{(T_2 - T_1)}$$

onde:

$T_1 = 16^\circ\text{C}$  (temperatura média no período de ensaios).

$T_2 = 20^\circ\text{C}$ .

$K_{T_1} = 0,0517 \frac{\ell}{\text{mgxdia}}$  ( $16^\circ\text{C}$ ).

$\theta = 1,035$  (valor mais comumente usado, Tabela nº 1).

$\therefore k_{20^\circ\text{C}} = \frac{\ell}{\text{mgxdia}}$ , valor este que está dentro da faixa de resultados apresentados na literatura técnica consultada e apresentados na Tabela nº 1.

O coeficiente de produção de lodo, segundo observado nos resultados apresentados na Figura nº 9, apresenta dois valores diferentes segundo se considere ou não os dados obtidos com 1 dia de tempo de detenção.

A reta I inclui os dados referentes a 1 dia de tempo de detenção, fornecendo um valor de  $Y = 1,52 \frac{\text{kg SSV produzidos}}{\text{kg DBO removido}}$ , enquanto que a reta II exclui esses dados, dando  $Y = 0,697 \frac{\text{kg SSV produzidos}}{\text{kg DBO removido}}$ .

Pode-se observar também que a correlação da reta II, ou seja, considerando os tempos de detenção entre 2 e 4 dias, é melhor que a correlação da reta I, que inclui o tempo de detenção 1 dia.

O coeficiente de produção determinado a partir da reta I (Figura nº 9) estaria indicando que o tempo de detenção de 1 dia é demasiadamente curto, de tal modo que os SSV presentes na lagoa são em grande parte os que entraram na alimentação e que não representam a biomassa da lagoa. Já o coeficiente de produção encontrado a partir da reta II ( $Y = 0,697$ ), pode ser considerado um valor representativo, uma vez que os pontos da curva a partir do ponto de retenção de 2 dias mostram uma tendência linear constante, o que equivale dizer que os tempos de detenção são suficientemente longos, para permitir a utilização de quase toda

a matéria orgânica biodegradável que entra na lagoa na forma em suspensão, sendo os SSV então mais representativos da biomassa, para os tempos de detenção superiores a 2 dias.

DUNCAN MARA recomenda t maiores que 2 dias para se obter um floco de melhor qualidade, o que encontra suporte nas observações desta pesquisa.

No que se refere ao coeficiente de respiração endógena ( $K_d$ ), a correlação apresentada na Figura nº 9, não permite determinar um valor representativo deste parâmetro, porque na lagoa aerada a concentração da biomassa é muito pequena, tornando-se nestas circunstâncias um coeficiente difícil de ser avaliado.

#### 4.5. Observações ao microscópio

O tipo de microfauna presente na lagoa aerada é semelhante à que se desenvolve no processo de lodos ativados; no entanto as concentrações de microorganismos são bem menores.

Enquanto a biomassa na lagoa apresenta uma concentração da ordem de 100 a 400 mg/l, a biomassa atuante no processo de lodos ativados situa-se na faixa de 1.500 a 4.000 mg/l. Pelo fato da microfauna alimentar-se de bactérias, uma concentração menor de sólidos suspensos voláteis leva a menores concentrações de microfauna. A microfauna caracterizou-se pela presença dos seguintes grupos de organismos:

- ciliados livres;
- ciliados pedunculados;
- flagelados;
- rizópodes;
- rotíferos;
- anelídeos.

Observou-se também que os flocos formados apresentam uma tendência a uma configuração adensada. As características morfológicas dos flocos não mostraram maiores diferenças para os diferentes tempos de detenção (em especial acima de 2 dias), notando-se unicamente uma ligeira melhora para os tempos de detenção mais longos. Em nenhum momento ocorreu a presença de número significativo de organismos filamentosos.

#### 4.6. Separação de sólidos em suspensão por decantação

As características da decantabilidade dos sólidos suspensos do efluente da lagoa aerada, sob as condições dos testes realizados em laboratório, não acusaram praticamente nenhuma diferença com os tempos de detenção ensaiados acima de 2 dias, o que está de acordo com as observações microscópicas dos flocos. Cabe destacar também que os valores da remoção de sólidos suspensos obtidos nas condições de ensaio já mencionados, não representam a remoção que realmente ocorreria na prática. Em todo caso, analisando a Figura nº 10, pode-se ter uma idéia da qualidade da decantabilidade, pois se observa que a maior quantidade dos SS decanta em um tempo inicial relativamente curto, sugerindo que uma alta porcentagem dos sólidos tem boas condições de decantação.

Na prática, um período de decantação de um dia tem sido recomendado, prevendo-se também um volume para depósito e digestão do lodo decantado. Para as condições climáticas do Estado de São Paulo, recomenda-se uma profundidade mínima de 3 metros para a lagoa de decantação, com o propósito de evitar problemas de maus odores. Tempos de detenção maiores que 2 dias propiciam o aparecimento de algas na lagoa de decantação.

#### 4.7. Separação de sólidos em suspensão por flotação com ar dissolvido

A remoção dos sólidos suspensos do efluente por meio de um sistema de flotação, mostrou ser independente dos tempos de detenção igual ou superior a 2 dias.

Observou-se que para concentrações de SS entre 100 e 450 mg/l no efluente submetido a ensaios, a eficiência da flotação depende da relação ar/sólidos e portanto depende da pressão a ser utilizada na câmara de compressão do sistema e da porcentagem da recirculação (q/Q) que será comprimida. Com pressões entre 3 e 4 kg/cm<sup>2</sup> e porcentagem da recirculação entre 20 e 30 %, foram obtidos valores entre 90 e 97 % de remoção dos sólidos suspensos.

A curva apresentada na Figura 11, fornece o parâmetro de dimensionamento ( $\frac{A}{Z}$ ) em função dos sólidos suspensos remanescentes no líquido clarificado. Pode-se observar que, com valores de  $\frac{A}{Z} < 0,06 \frac{\text{kg ar}}{\text{kg SS}}$  a concentração dos SS no líquido clarificado é maior que 25 mg/l, ou seja, a remoção de sólidos é relativamente baixa. Já com valores de  $\frac{A}{Z} > 0,10 \frac{\text{kg ar}}{\text{kg SS}}$ , a concentração dos SS remanescentes situa-se entre 5 e 10 mg/l, o que indica não serem necessários valores de  $\frac{A}{Z} > 0,10 \frac{\text{kg ar}}{\text{kg SS}}$ .

Então a relação  $\frac{A}{Z}$  estaria entre os valores 0,06 e 0,10  $\frac{\text{kg ar}}{\text{kg SS}}$  para concentrações de SS no líquido clarificado entre 25 e 10 mg/l respectivamente.

Observou-se, também, que o lodo sobrenadante, obtido na flotação, tem um conteúdo de 6 % de sólidos.

#### 5. CONCLUSÕES

- O processo de lagoa aerada aeróbia mostrou ser eficiente

te no tratamento de esgotos domésticos, para tempos de detenção superiores a 2 dias e desde que se faça uma eficiente separação dos sólidos em suspensão do efluente final.

- Condições aeróbias e de mistura completa são atingidas quando a lagoa aerada opera em torno dos seguintes valores:

Número de unidades de aeração superficial  $> 2$ .

Densidade de potência  $> 4 \frac{\text{wat}}{\text{m}^3}$ .

Volume por aerador  $< 6.000 \text{ m}^3$ .

Profundidade da lagoa 3 - 4 m.

- O fator de carga (F/M) localiza-se na faixa de 0,5 a  $0,2 \frac{\text{kg DBO}}{\text{kg SSV.dia}}$  para os tempos de detenção entre 2 e 4 dias respectivamente, faixa esta na qual a floculação biológica mostrou ser eficiente.
- A DBO solúvel do efluente da lagoa mostrou ser dependente do tempo de detenção e independente da variação da concentração da DBO da alimentação.
- O mínimo valor da DBO solúvel do efluente (3 mg/l) é conseguido com tempo de detenção igual ou superior a 4 dias.
- Os ensaios de laboratório permitiram determinar os seguintes parâmetros cinéticos para projeto:

. Taxa específica de remoção de substrato -  $k = 0,0517 \frac{\text{l}}{\text{mgxdia}}$

. Coeficiente de síntese celular -  $Y = 0,697 \frac{\text{kg SSV produzido}}{\text{kg DBO removido}}$

- Os SSV no efluente da lagoa aerada aeróbia representou uma fração de 75 % dos SS.
- A DBO total do efluente da lagoa aerada aeróbia pode ser expressa através da relação:

$$DBO_{e \text{ total}} = DBO_{e \text{ solúvel}} + 0.46 X_v \quad (\text{mg/l})$$

- É indispensável a remoção dos SS do efluente da lagoa aerada aeróbia, para que se obtenha um efluente final de boa qualidade. A remoção dos SS pode ser feita através da utilização de lagoas de sedimentação, de sistemas de flotação ou ainda através de lagoas facultativas, sendo que a escolha do método mais conveniente depende de uma avaliação das condições locais, onde se situe a estação de tratamento.
- É viável a separação dos SS do efluente da lagoa por decantação, sendo que em condições de laboratório obteve-se boa remoção dos SS, dando um efluente clarificado com  $DBO_{\text{total}}$  entre 10 e 20 mg/l. No entanto, como na prática as condições de operação são diferentes, estes valores são apresentados simplesmente com o propósito de dar uma idéia da tendência dos SS a se decantarem.
- A flotação mostrou ser eficiente na remoção dos SS do efluente da lagoa aerada, sendo que a eficiência do processo é bastante dependente da relação  $\frac{\text{ar}}{\text{solidos}}$  (A/Z). Os ensaios de flotação permitiram determinar que para as condições de teste de:

Pressão de saturação na câmara de compressão = 4,0 kg/cm<sup>2</sup>

Relação de recirculação  $\frac{q}{Q} = 20 \%$

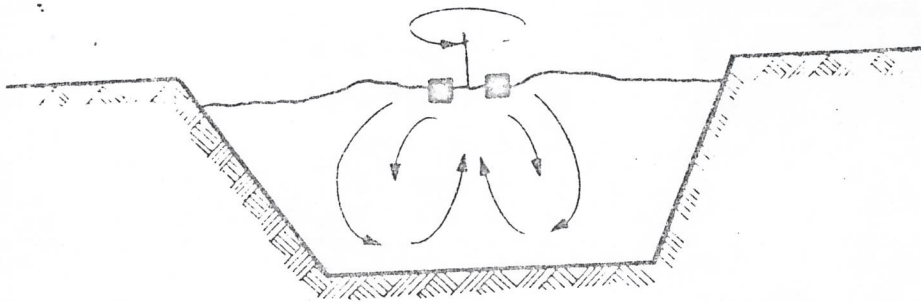
Taxa de aplicação superficial de  $50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ , a relação  $\frac{A}{Z} = 0,06 \text{ a } 0,10 \frac{\text{kg ar}}{\text{kg SS}}$  é recomendada, fornecendo um efluente clarificado com SS entre 10 a 20 mg/l.

- O lodo obtido na flotação apresentou uma concentração de sólidos de aproximadamente 6 %.

TABELA Nº 1 - PARÂMETROS CINÉTICOS DO PROCESSO BIOLÓGICO SEGUNDO VÁRIOS AUTORES.

A U T O R	COEFICIENTE DE TEMPERATURA $\theta$	$k_{20^{\circ}\text{C}}$ $\frac{\text{l}}{\text{mg}\cdot\text{dia}}$	$K_{20^{\circ}\text{C}}$ $\frac{\text{dia}^{-1}}$	Y $\frac{\text{kg SSV}}{\text{kg DBO}_{\text{rem}}}$	$K_d$ $\frac{\text{dia}^{-1}}$	$a'$ $\frac{\text{kg O}_2}{\text{kg DBO}_{\text{rem}}}$	$b'$ $\frac{\text{dia}^{-1}}$
NEITCALF & EDDY	1.06-1.12	-	2 - 10	0.4 - 0.8	0.04 - 0.025	0.75	-
MANCINI	1.06-1.18	-	-	-	-	-	-
ECKENFELDER	1.035	-	-	-	-	-	-
McKINNEY	1.05-1.10	0,08	-	0.5	0.2	-	-
VALENCIA	-	-	-	0.49-0.64	0.075	0.52	-
YANEZ	1.06-1.10	-	-	0.35-0.65	0.08-0.14	0.4 - 1.4	-
CENTER R.W.R.	1.08	0,21	8	0.65	0.075	0.53	-
BALASHA	1.03-1.04	0.031	6.7	0.60	0.06	0.44	0,25
THIRUNURTHI	1.035-1.041	-	-	-	-	-	-
SORAB	1.035	0.017-0.038	-	0.5-0.7	0.075-0.125	0.3-0.52	0.05-0.14

a) LAGOA AERADA DE MISTURA COMPLETA



b) LAGOA AERADA FACULTATIVA

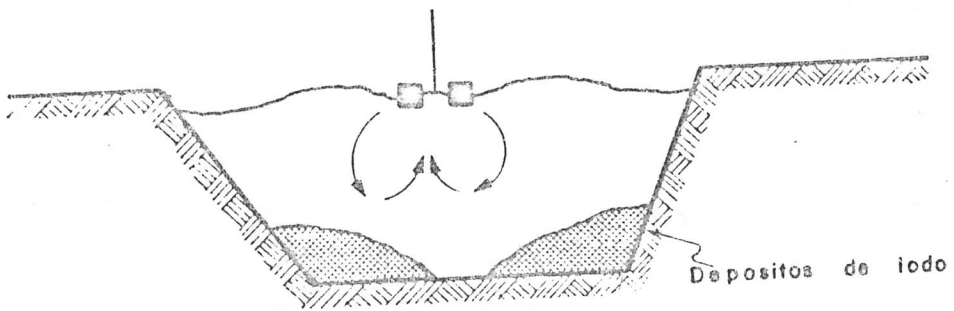


FIGURA Nº 1 - TIPOS DE LAGOAS AERADAS

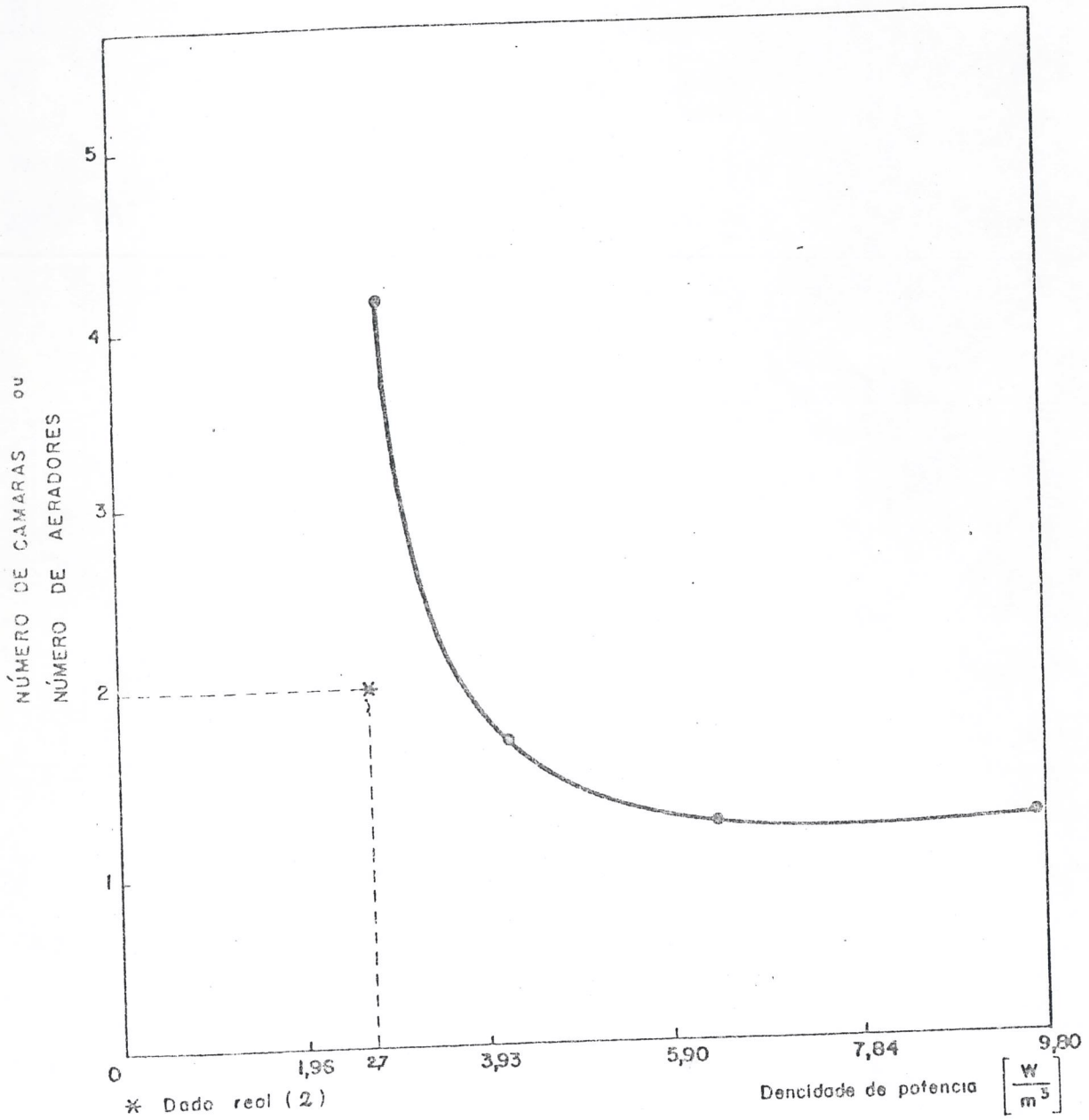


FIGURA 2 - DENSIDADE DE POTÊNCIA EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE AERADORES EM REGIME DE MISTURA COMPLETA. (6)

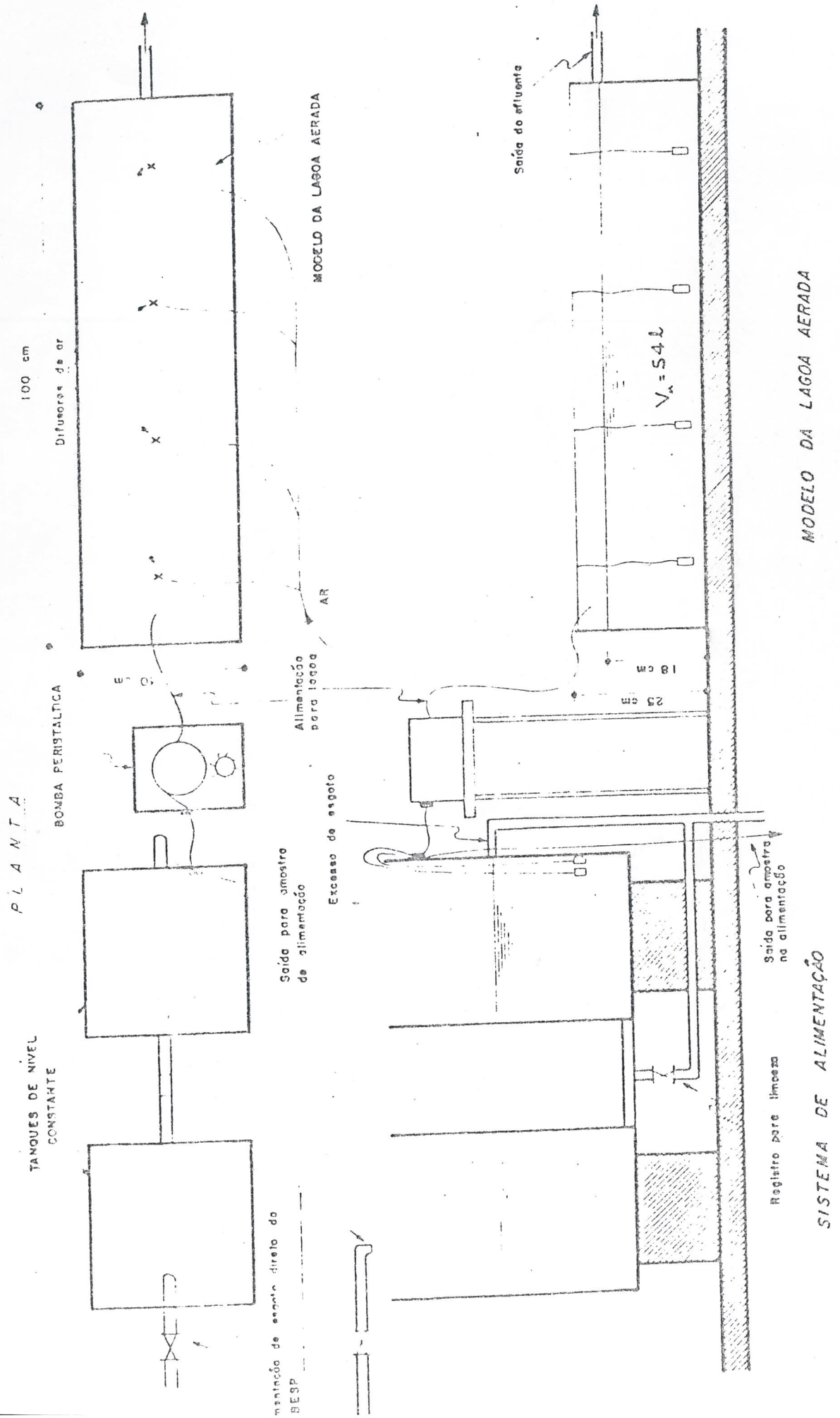


FIG. 3 - MODELO DE LABORATÓRIO DA LAGOA AERADA

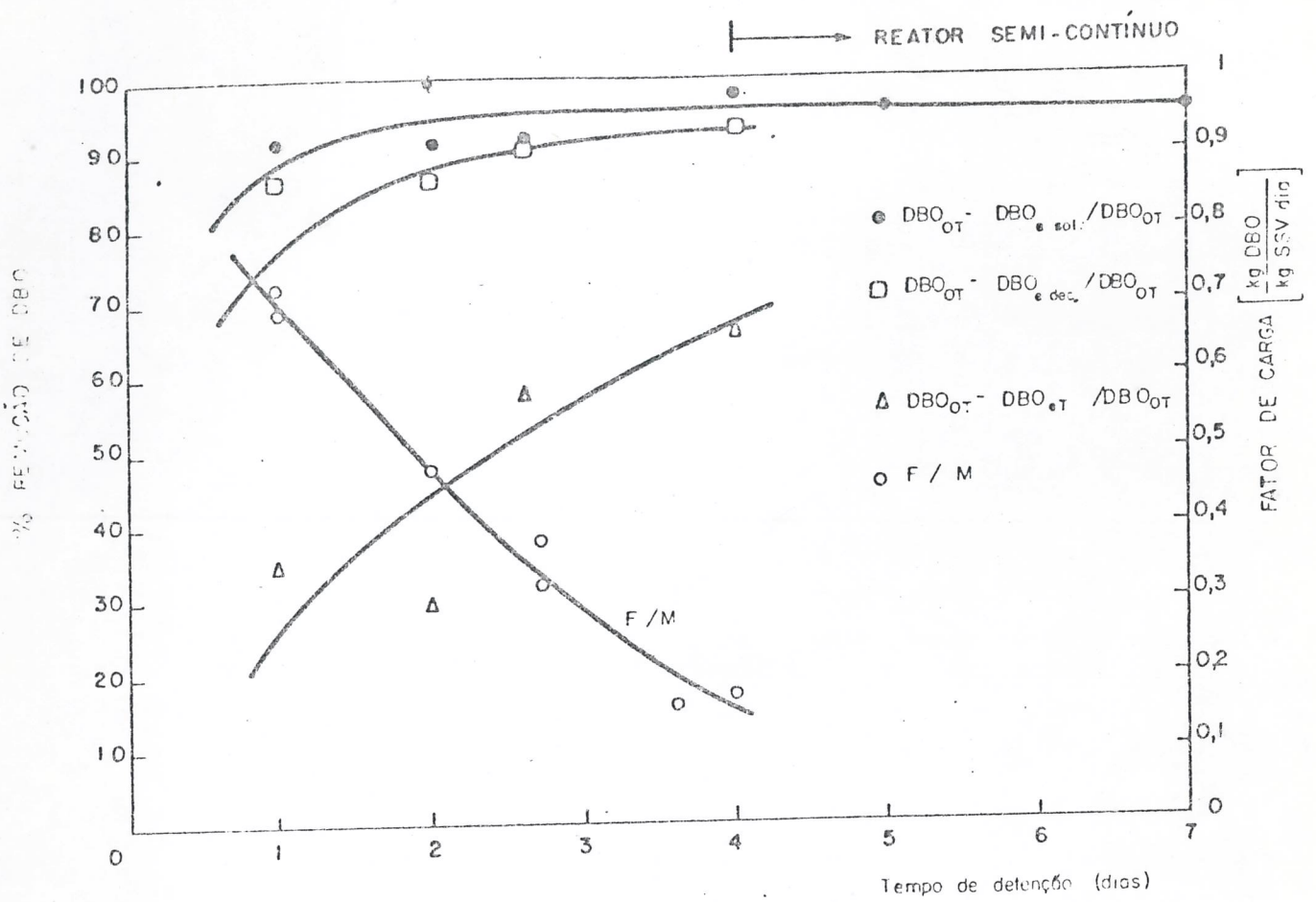


FIG. 4 - REMOÇÃO DA BOD<sub>5</sub> EM FUNÇÃO DO TEMPO DE DETENÇÃO

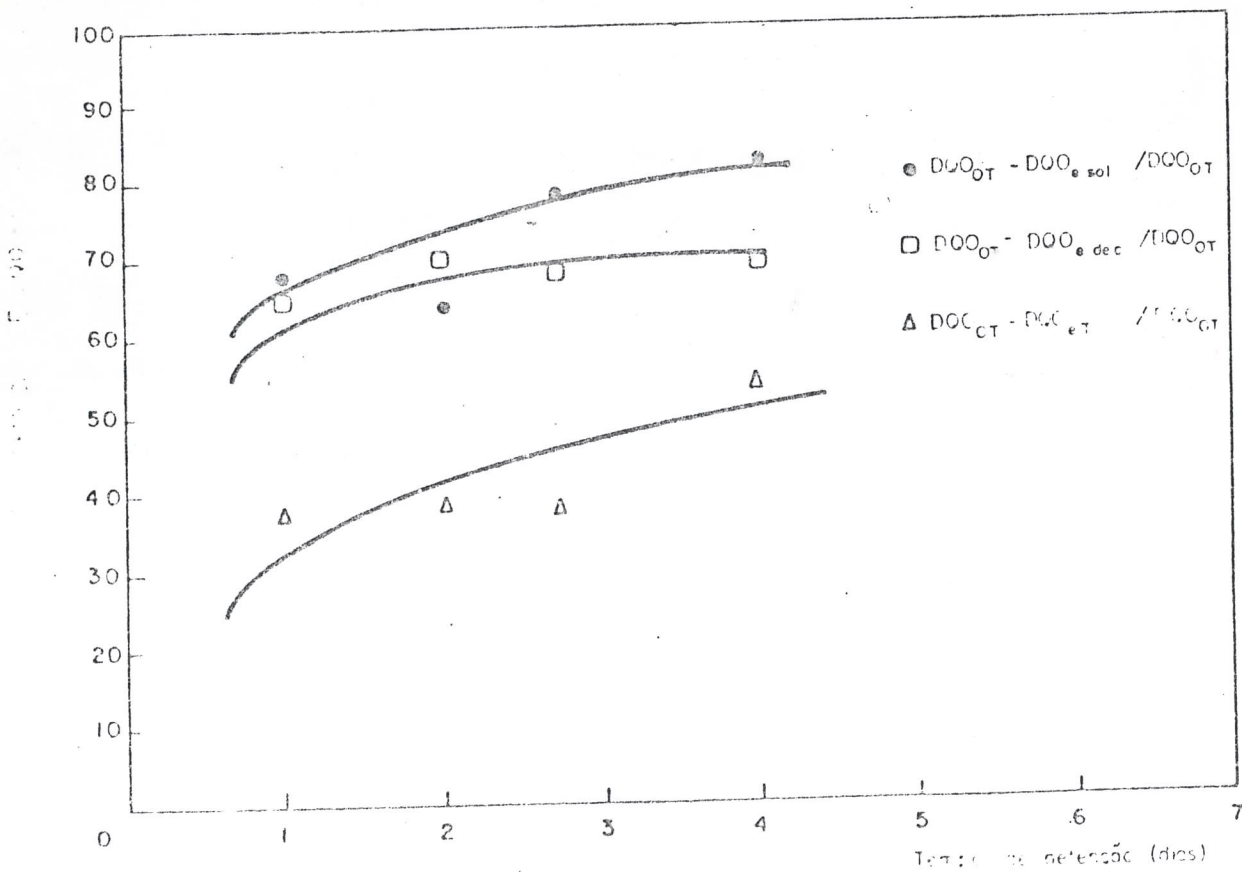


FIG. 5 - EFICIÊNCIA DA REMOÇÃO DA COD EM FUNÇÃO DO TEMPO DE DETENÇÃO.

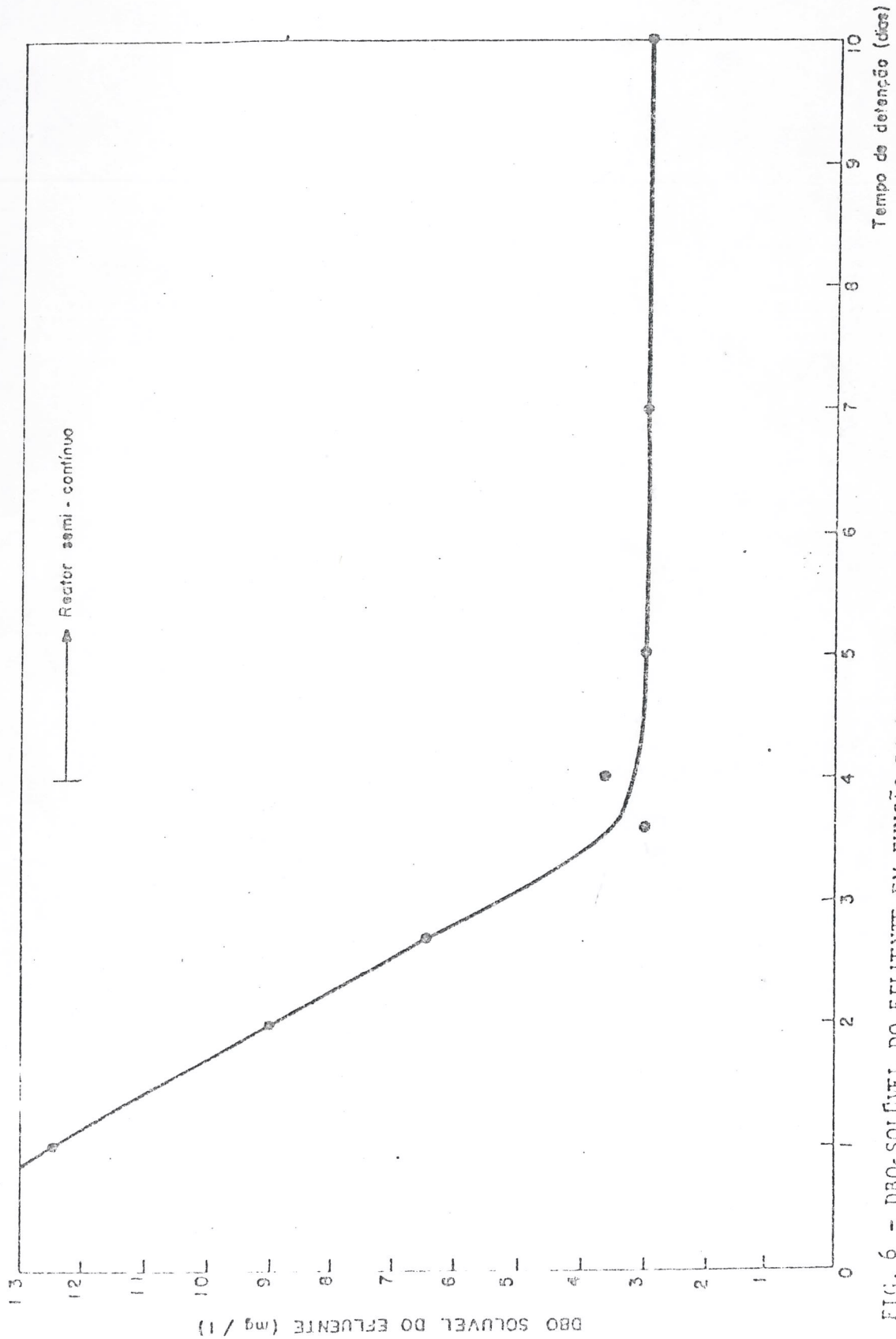


FIG. 6 - DBO, SOLÚVEL DO EFLUENTE EM FUNÇÃO DO TEMPO DE DETENÇÃO

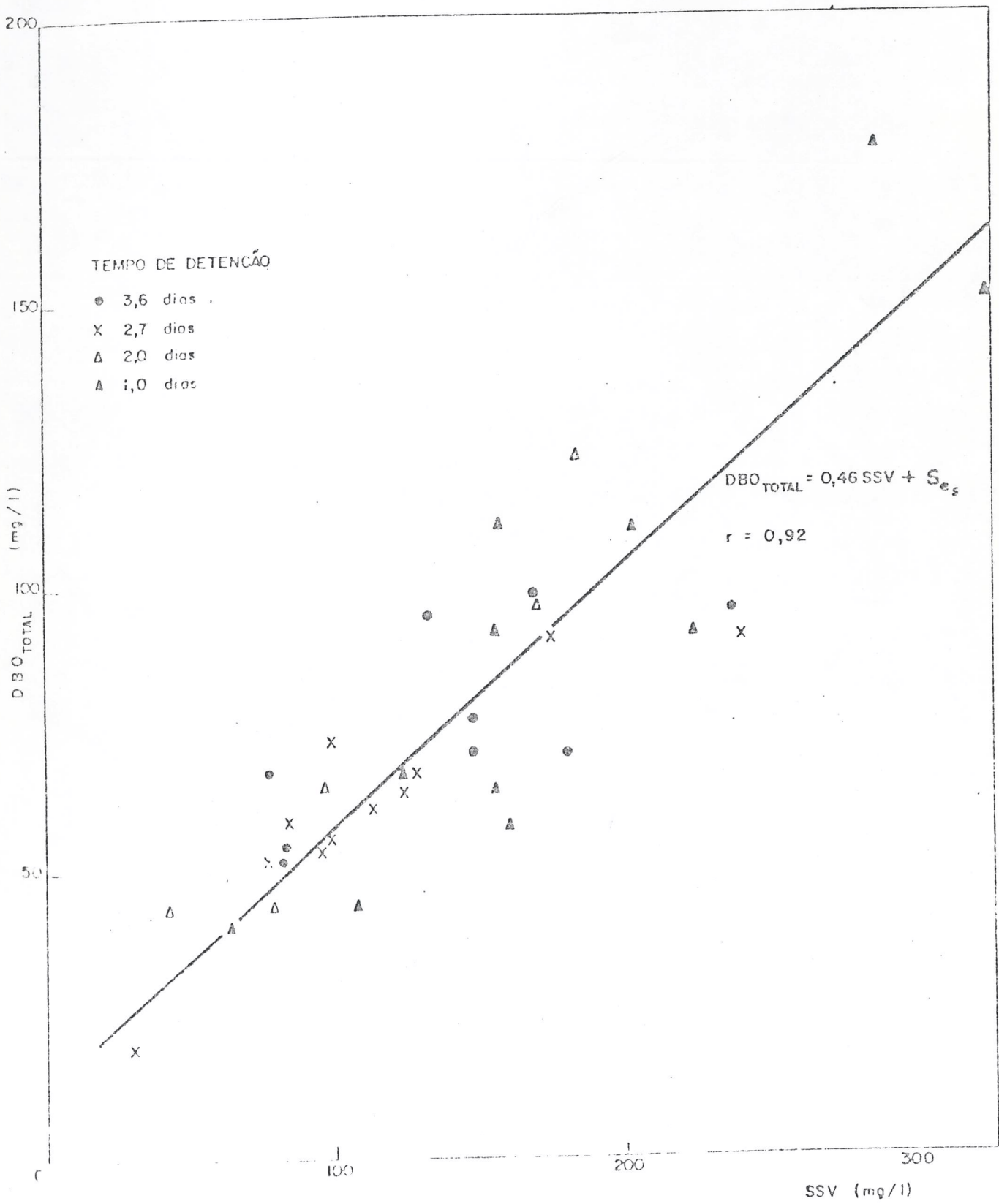


FIGURA 7 - RELACIONAMENTO GERAL DA LAÇA EM FUNÇÃO DOS SSV

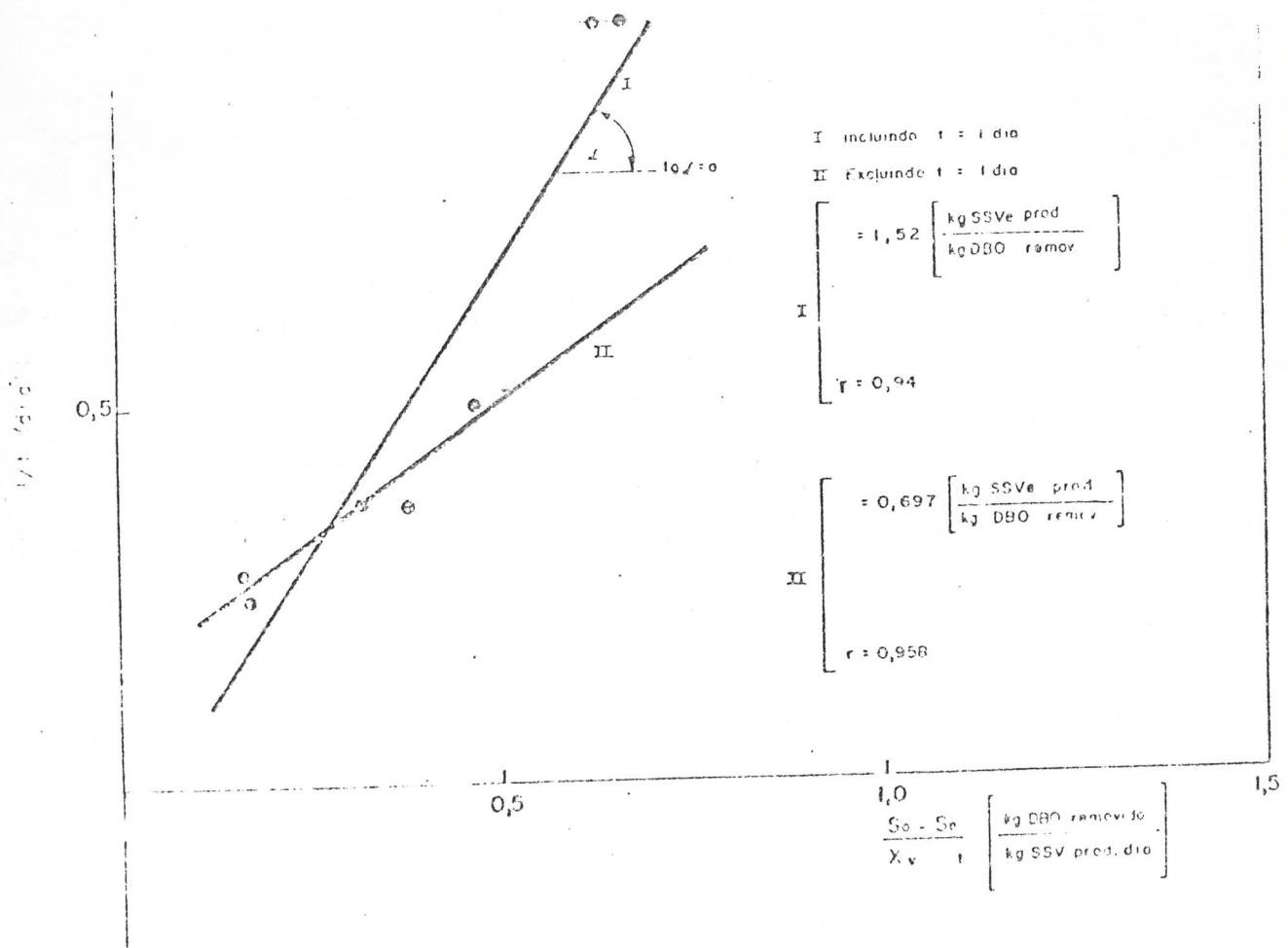
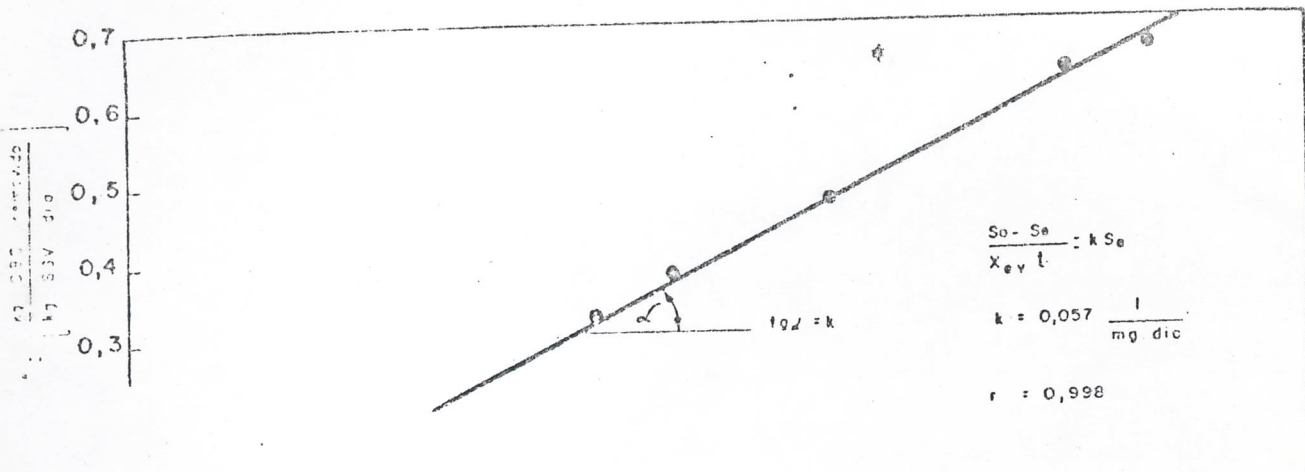


FIG. 9 - DETERMINAÇÃO GRÁFICA DOS PARÂMETROS  $\gamma$  e  $K_d$  SEGUNDO EQUAÇÃO 3.

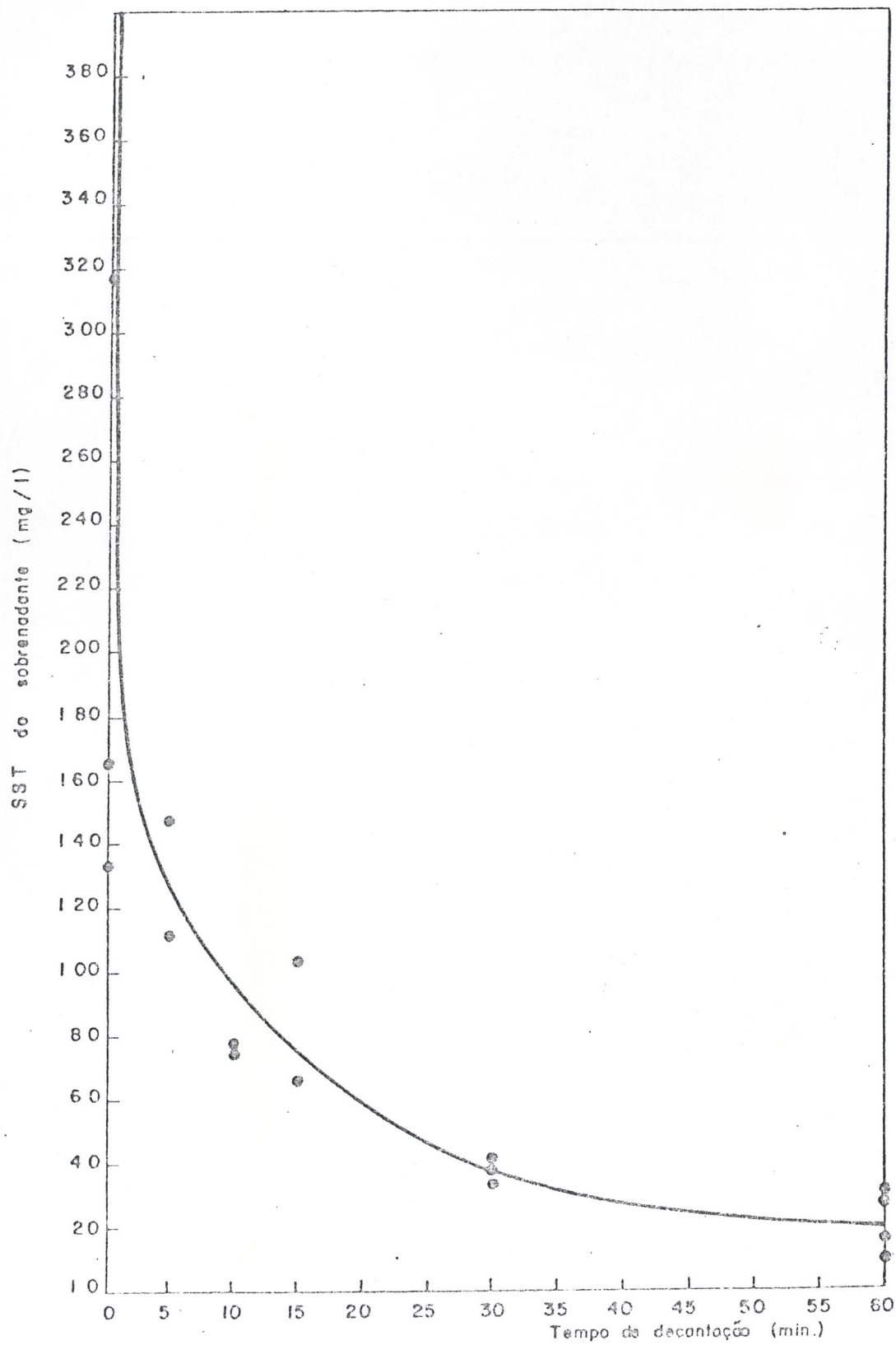


FIG. 10 - SST REMANESCENTES NO SOBRENADANTE EM FUNÇÃO DO TEMPO DE DECANTAÇÃO.

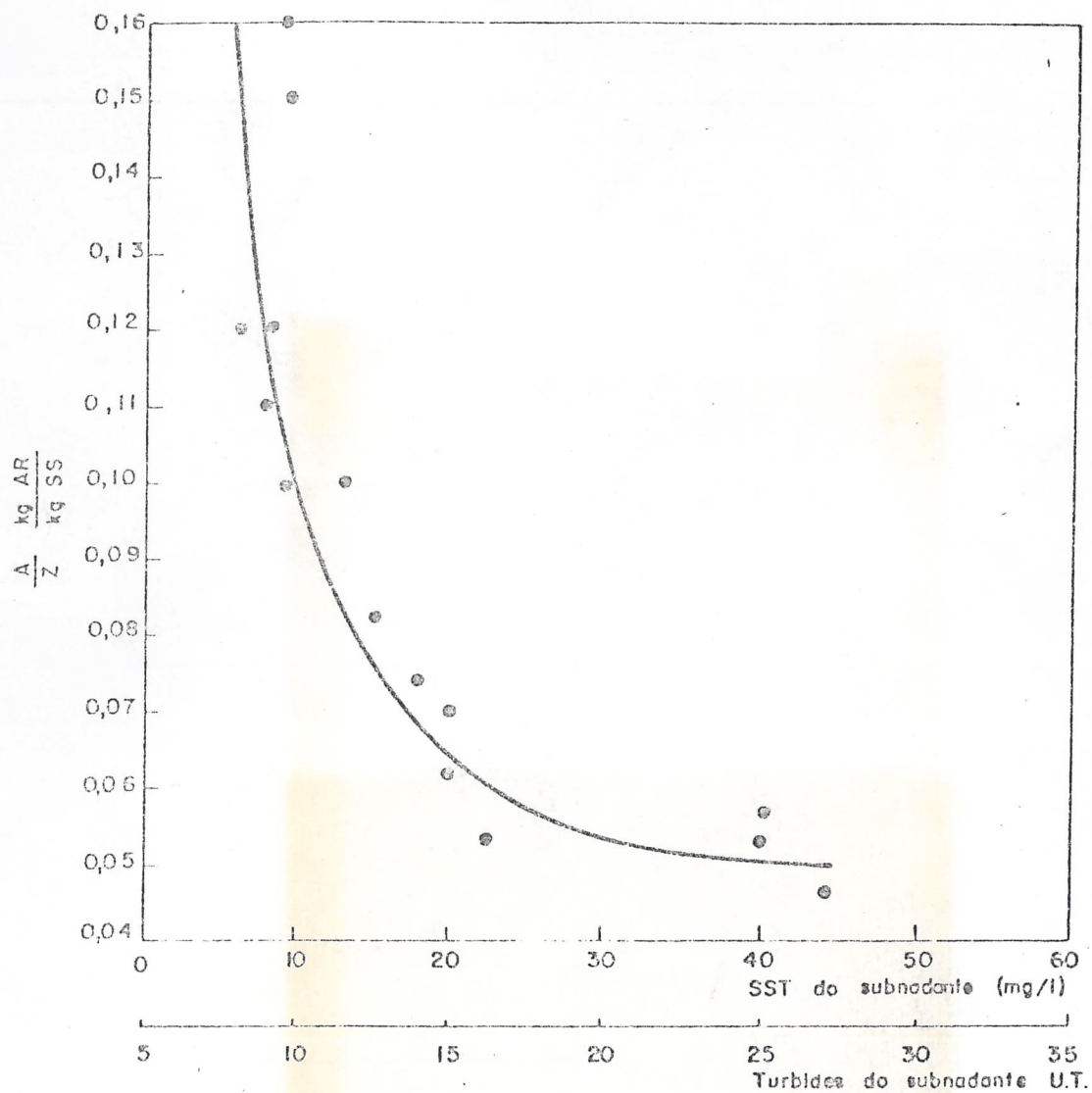


FIG. Nº 11 - VALORES DE A/Z EM FUNÇÃO DOS SST REMANESCENTES NO SUBNADANTE COM TAXA DE APLICAÇÃO SUPERFICIAL NO TANQUE DE FLOTAÇÃO  $\approx 50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ dia}$ .

Data Aquis.:	
Indic.:	
Livraria:	
Preço: Cr\$	<i>Xerox</i>
Data Tomba:	<i>25-06-82</i>