

LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO MECÂNICAMENTE AERADAS

Curso de Lagoas de Estabilização

Eng.º OCTAVIO LUIZ SANTOS DE SENA (*)

SUMARIO

Notícia sobre a implantação de algumas lagoas no Brasil, e a discussão dos tipos de associação, seja entre lagoas, seja entre essas e métodos convencionais de tratamento, são as referências introdutórias.

Em seguida estuda-se os aspectos da oxigenação necessária nas lagoas mecanizadas através dos seus componentes: reaeração superficial e aeração mecânica, dando-se a metodologia de cálculo sugerida.

Após a descrição generalizada das características principais do conjunto lagoa mecanizada — lagoa fotossintética, é dado como exemplo elaborado pela FSESP/DPESDA, para o tratamento dos esgotos de Petrolina. O exemplo faz-se acompanhar de desenhos esquemáticos para melhor esclarecimento.

As conclusões demonstram a economia de 2/3 da área necessária ao comparar-se o conjunto mecanizado com as lagoas primárias comuns.

Ainda no final alerta-se sobre os elementos condicionantes da opção entre essas lagoas, as mecanizadas, os valores de oxidação e os tratamentos convencionais.

1. INTRODUÇÃO

Embora não tenha atingido a quantidade que seria desejável, as lagoas de estabilização de esgotos vêm sendo implantadas no Brasil com pleno sucesso.

Parece-nos que foi finalmente vencida a resistência inicial por parte de técnicos (poucos)

e de leigos (muitos), que objetavam os hipotéticos odores, a aparência, a poluição dos lençóis e cursos d'água e outras restrições fictícias de mais variada natureza. Segundo julgamos, grande parte das restrições devia-se ao fato de algumas mentalidades de estrutura complicada não poderem admitir que algo de tão simples como as lagoas, pudesse ser tão eficiente.

No entanto, o fato aí está. As lagoas de estabilização constituem um eficiente método de tratamento de esgotos, de baixo custo construtivo e quase nenhum custo operacional, e cujas poucas inconveniências são fartamente suplantadas pelas suas vantagens.

Muitas lagoas já estão em operação no Brasil, espalhadas principalmente na região Centro-Sul, com resultados bastante promissores.

No Nordeste também, já começam a aparecer aqui e ali algumas lagoas, que vêm abrindo o caminho para uma utilização maciça, assim esperamos. Infelizmente, a carência de informações não nos permite maiores comentários sobre as lagoas nordestinas.

Já é do conhecimento dos sanitaristas brasileiros os princípios básicos do funcionamento das lagoas de estabilização, através da ação das algas conjugada com a das bactérias aeróbias. A transferência de oxigênio das algas às bactérias e a devolução de gás carbônico destas às primeiras, os fenômenos de biofloculação, nutrição, sedimentação, reaeração ou aeração atmosférica, etc., são já suficientemente conhecidos, e constituem os fenômenos mais comuns da chamada lagoa fotossintética ou aerobia.

Por essa razão, não nos deteremos detalhadamente neste aspecto, mas sim, naqueles que interessam diretamente a este trabalho.

Entre as restrições (são muito poucas, mas existem), que se fazem às lagoas de estabilização, avulta como realmente importante a área

(*) Engenheiro Civil, Salvador — Bahia — Brasil.
Organização Panamericana da Saúde — Organização Mundial da Saúde — Escola Politécnica.

necessária à sua implantação, principalmente quando enfrentam uma população maior a ser atendida. Quanto maior a população, maior a cidade ou o distrito, mais caro se torna o terreno e também maior a área requerida. Essa progressão tem levado alguns técnicos a simplesmente desistirem da solução do tratamento do esgoto por lagoa, procurando um método convencional qualquer.

Outros sanitaristas, no entanto, têm procurado fixar-se nas lagoas, utilizando, geralmente, os seguintes recursos:

- 1) Combinação de tratamento convencional e lagoas ;
- 2) Lagoas em série.

Na segunda solução, são mais empregadas as seguintes combinações:

- 2.1 -- Conjunto inteiramente aeróbio (2 ou mais).
- 2.2 -- Conjunto anaeróbio-aeróbio.
- 2.3 -- Conjunto aeração-fotossintético.

A bibliografia é bastante rica no relato de quase todos os tipos da associação, citando-se entre estes o conjunto anaeróbio-aeróbio de São José dos Campos, referido por Victoretti (1), os trabalhos de Parker (2) e outros na Austrália, de Oswald (6) na Califórnia, etc.

O uso de lagoas aeradas mecânicamente, tem sido bastante difundido nos EE.UU., por diversos autores, entre os quais Mc Kinney (3), Black, Weston e outros.

A nós, nos parecem mais importantes, no entanto, os estudos do Professor Earnest, Gloyna (4 e 5), que têm feito diversas experiências, realmente notáveis com esta combinação de lagoas. Tivemos oportunidade de observar pessoalmente, nos arredores de Austin, séries de lagoas com funcionamento praticamente perfeito.

Essas séries compõem-se de lagoa primária, uma fotossintética secundária, e uma terceira, também fotossintética onde são criados peixes dos quais é feita uma excelente ração para galinhas. Isto indica que Gloyna prefere aproveitar as proteínas vegetais das algas para transformá-las em proteínas animais, ao contrário de Oswald e outros, que preconizam o uso direto das algas como fontes protéicas. O problema do aproveitamento de proteínas das algas não é, contudo, o escopo deste trabalho, ficando apenas como referência.

A aeração mecânica tem, portanto, como finalidade primordial aumentar a eficiência do conjunto de lagoas, propiciando uma considerável redução da área necessária. Além disso, tem sido usada para melhorar as condições de qualidade de águas de rios, lagos e lagoas. Os canais de Chicago, vêm sendo objeto de estudos bem interessantes com aeradores mecânicos, e resultados apreciáveis têm sido observados na diminuição da poluição. Kaplovsky (8) e outros fazem referência a este respeito desde 1963.

O que nos interessa mais de perto, entretanto, é o uso da aeração artificial mecânica em lagoas, através de conjuntos em série, assim projetados como tal, segundo veremos em seguida.

II. ALGUNS ASPECTOS DA AERAÇÃO EM LAGOAS. SUGESTÕES DE CÁLCULO

Não seria preciso salientar que a quantidade de oxigênio presente constitui o fator básico do tratamento dos resíduos em lagoas, desde que a estabilização é conseguida exatamente através da oxidação da matéria orgânica. Se a idéia é apressar o processo, diminuindo o tempo de detenção, para ganhar-se economia de área (através da correspondente diminuição do volume, mantidos constantes profundidades e vazão), não se pode esperar uma fotossíntese eficiente, devido exatamente à falta de tempo para a reação bioquímica necessária. Assim, a aeração mecânica, entra como elemento acelerador do processo.

Normalmente, toda massa líquida organicamente ativa tende para a saturação em oxigênio dissolvido, ou seja, é ávida de oxigênio se este encontra-se deficitário.

Assim não fôsse, não teríamos os fenômenos de auto-depuração sobejamente conhecidos. A quantidade de oxigênio a ser ganha, depende de diversos fatores, como DBO, temperatura, agitação, área líquida exposta à atmosfera, etc. Esse último aspecto consiste no que poderíamos chamar aeração natural, ou mais propriamente reaeração superficial.

No entanto, os requisitos para a oxidação total incluem um tempo de detenção relativamente dilatado, e ainda mais, de uma suspensão da contribuição da carga poluidora.

Como não podemos dispor do primeiro sem fazer cessar o segundo, utilizamos a agitação ou insuflação mecânica como agente acelerador.

Podemos então estabelecer que a aeração total necessária neste sistema particular de bio-oxidação é igual à:

$$R_t = R_s + R_m \quad (1)$$

Onde:

R_t = aeração total necessária (O^2).

R_s = reaeração superficial (O^2).

R_m = aeração mecânica (O^2).

Seria talvez mais próprio usar a notação **A** maiúsculo para aeração; todavia sendo esta letra já consagrada para designar área, optamos pela notação **R**.

A quantidade de oxigênio necessária pode ser comparada, ou determinada, partindo-se das cargas de DBO dos sólidos em suspensão nos lodos ativados, processo que, em última análise, assemelha-se bastante ao objetivo que se pretende na aeração mecânica das lagoas.

Esses estudos comparativos foram desenvolvidos por Eckenfelder (9), o qual chegou à seguinte expressão generalizada:

$$R_t = a' Lr + b' S' \quad (2)$$

a' = Relação entre o oxigênio utilizado e a DBO removida. É um coeficiente que representa a fração removida de DBO a 5 dias. Varia entre 0,6 e 1,0, segundo Gloyna.

Poderia também ser referida à DBO do 1.º estágio, variando entre 0,9 e 1,2 da quantidade removida, segundo Azevedo Netto (10).

Lr = Carga de DBO a ser removida (kg/dia).

b' = Rapidez da respiração endógena. Decorrente da matéria orgânica dos sólidos em suspensão no lodo (O^2).

S' = Sólidos em suspensão voláteis no lodo (kg).

Nas lagoas aeradas, devido, entre outros fatores, à exigüidade do tempo de detenção, a quantidade de sólidos em suspensão é desprezível em face da carga poluidora. Ora se $S' \rightarrow$ zero, podemos simplificar a equação (2) em

$$R_t = a' Lr \quad (3)$$

Onde a notação é, evidentemente, a mesma anterior.

Alguns autores, Gloyna entre eles, entendem que existem perdas de oxigênio no momento da mistura, e recomendam um coeficiente de segurança entre o oxigênio total, produzido e o requerido.

Esse coeficiente, que chamamos m , introduzido na fórmula (3) nos dá:

$$R_{tp} = m a' Lr \quad (4)$$

R_{tp} = oxigênio total a ser produzido.

m = coeficiente — variando entre 1,0 e 1,5 para o clima do Nordeste pode ser adotado o valor mínimo).

A reaeração superficial, depende, conforme dito anteriormente, de diversos fatores e pode ser expressa em função do valor da saturação do oxigênio dissolvido no líquido e do coeficiente médio de absorção superficial da película líquida.

Essas relações podem ser expressas na seguinte equação, também desenvolvida por Gloyna:

$$R_{s1} = 62.4 \times 10^{-6} Kl_1 (C_s - C) \quad (5)$$

em que:

R_{s1} = oxigênio necessário em libras por pé quadrado e por hora.

Kl_1 = coeficiente de aeração em pé quadrado por hora.

C_s = OD de saturação (normalmente 9,17 mg/l).

C = OD no influente (normalmente nulo).

Considerando os dados normais para C_s e C , e transformando em unidades métricas, a fórmula (5) pode ser escrita:

$$R_s = 10,6 \times 10^{-4} Kl \quad (6)$$

R_s = oxigênio para reaeração em quilogramas por m^2 e por hora.

Kl = coeficiente de reaeração (superfície aerada) em m^2 por hora.

Um dos elementos de maior influência nesta aeração é a temperatura do líquido, a qual pode ser relacionada com o coeficiente, como segue,

Taxa da superfície aerada

Temperatura °C	Kl — m^2 /hora
5	$0,19 \times 10^{-2}$
10	0,31 "
15	0,43 "
20	0,66
25	0,87
30	1,49
35	2,23

O coeficiente decimal da fórmula (6) foi utilizada com a potência -4 para facilitar os cálculos em hectares ($ha = m \times 10^{-4}$), pois na

verdade o valor real de Kl deve ser multiplicado por 10^{-2} ou seja, $RS = 10,6 \times 10^{-2} \times Kl \times 10^{-2} = 10,6 \times 10^{-4} Kl$.

Estando determinadas a taxa de reaeração superficial e a quantidade total de oxigênio necessário, é fácil estabelecer, por diferença, aquêla a ser complementado pela aeração mecânica.

A potência dos aeradores, é dada em função da quantidade de oxigenação que êstes podem insuflar na lagoa por HP e por hora (dado do fabricante), com uma correção decorrente das condições reais de operação que são diferentes das condições padrão ou anormais de um líquido a ser aerado.

Dêsse modo, pode-se expressar a fórmula da potência, com a seguinte equação:

$$N = N_0 \left[\frac{C_{aw} - C_l}{C_s} \right] \left[1,025^{T-20} \right] \quad \S \quad (7)$$

Onde:

N = quilogramas de O_2 por hora nas condições de operação.

N_0 = capacidade do aerador em condições padrão OD = zero, $20^\circ C$, 1 atm, em quilogramas por HP por hora.

C_{aw} = concentração de O_2 na saturação para o líquido a ser aerado (0,95 da água).

C_l = OD do líquido nas condições de operação.

C_s = saturação de OD à $20^\circ C$ e 1 atm.

T = temperatura do líquido $^\circ C$.

§ = coeficiente de transferência de oxigênio às águas poluídas.

Os elementos da equação acima, variam naturalmente a depender das características do esgoto a ser tratado. No entanto, para esgotos domésticos, ou para os resíduos industriais que se lhes assemelham quimicamente, êsses termos têm valores bastantes próximos dos seguintes:

§ = 0,9 (o sinal § vale como alfa).

C_l = mantido ao mínimo de 2 mg/l e C_s = 9,2 mg/l, saturação à temperatura padrão.

Os equipamentos existentes (no Brasil, companhias como a Degrémont, Filsan, Infilco, Dorr, etc., iniciam a fabricação dêsses tipos de aeradores) fornecem entre 1 e 2 kg de O_2 por HP do motor e por hora.

Tomando um valor médio de $N_0 = 1,5$ e considerando os elementos acima a equação 7 pode ser reduzida para:

$$N = 1,35 \left[\frac{C_{aw} - 2,0}{9,2} \right] \left[1,025^{T-20} \right]$$

C_{aw} é encontrado em qualquer tabela de saturação para OD na água, multiplicando-se o resultado por 0,95.

No cálculo final da potência do motor entra em conta o rendimento, que também é um dado do fabricante.

Temos assim, determinadas tôdas as variáveis que dizem respeito à aeração na lagoa, mas não temos ainda suas dimensões, e conseqüentemente, área e volume.

Essas características são determinadas em função do tempo de detenção, o qual por sua vez é uma decorrência da porcentagem de remoção de DBO que se deseja na lagoa mecanizada.

Estudos levados a efeito por Gloyna e confirmados praticamente, levaram-no, através da conceituação da velocidade de remoção da DBO, a estabelecer uma fórmula prática para a determinação do tempo de detenção:

$$d = \frac{E}{K(100 - E)}$$

em que:

d = detenção em dias;

E = remoção desejada (porcentagem);

K = coeficiente da velocidade da remoção por dia.

O valor de K depende da temperatura e segue aproximadamente os números da seguinte tabela:

Coeficiente da velocidade da remoção

Temperatura $^\circ C$	K por dia
5	0,10
10	0,17
15	0,24
20	0,35
25	0,57
30	0,80
35	1,20

Com o tempo de detenção definido e mais os elementos anteriormente considerados é possível projetar-se a lagoa aerada, obedecidas certas características que veremos em seguida.

III. CARACTERISTICAS GERAIS

O objetivo da aeração mecânica, como já dissemos, é remover parte da poluição, em uma espécie de pré-tratamento, possibilitando considerável redução na área necessária à lagoa fotossintética.

Desde que o suprimento de oxigênio praticamente não depende da ação das algas e, portanto, da luz solar, e como se pretende reduzir área, a profundidade da lagoa é considerada pela capacidade dos aeradores de atingir a massa líquida.

Os aeradores de ar difuso podem permitir profundidade de até 5 ou 6 metros, mas são equipamentos caros, com necessidade de um compressor e que a nosso ver, não se justificam em lagoas.

Os aeradores de pás rotativas, com motor de eixo vertical, são mais convenientes e muito mais baratos, permitindo profundidades entre 2 e 4 metros.

Segundo o que nos foi dado observar, consideramos ideal a profundidade de 3 metros que é adotada por Gloyna.

A forma mais conveniente é a quadrada, com o aerador colocado no centro, no entanto, pode ser usada uma forma retangular, com distribuição equilibrada dos aeradores, quando a potência total necessária ultrapassa 10 HP. Em virtude de problemas estruturais decorrentes de peso do motor e das vibrações, não é aconselhável ultrapassar essa potência, utilizando-se tantos aeradores quantos necessários para completar a demanda total.

IV. EXEMPLO DE ANTEPROJETO

Foi projetado recentemente para o tratamento de esgotos da cidade de Petrolina, em Pernambuco, um conjunto em série lagoa mecanizada-lagoa fotossintética.

O projeto foi elaborado pela Seção de Projetos da Diretoria Regional de Engenharia Sanitária da Bahia, da Fundação SESP.

No sentido de dar maior objetividade a esse trabalho, reproduzimos os dados e elementos gerais, com características de anteprojeto, não contendo, portanto, aspectos construtivos, orçamentários, e outros detalhes.

Os dados preliminares, obtidos ou arbitrados, assim se alinham:

População do projeto	60.000 hab.
Vazão de contribuição	140 l/seg.
Volume diário (inclusive infiltração)	12.066 m ³ /dia

Poluição contribuinte por habitante	0,05 kg DBO/dia
Latitude	9° 23' 53" Sul
Longitude	40° 29' 56" W. Gr.
Altitude	360 m
Altura pluviométrica (média)	382,6 mm
Chuva máxima em 24 horas	183,5 mm
Dias chuvosos (média)	41 dias/ano
Insoleção mínima	185 langleys/dia
Porcentagem do sol sobre o horizonte	48%
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	250 mg/l
Temperatura — média das máximas	31°C
Temperatura — média das mínimas	25°C
Remoção de DBO desejada na lagoa mecanizada ...	70%
Idem no conjunto	95%

Com esses dados pode-se calcular imediatamente, veja fórmula (9), o tempo de detenção para inverno e verão:

$$d_{inv} = \frac{E}{K(100 - E)}$$

$$E = 70$$

$$K = 0,57 \text{ para } 25^\circ \text{ — tabela 2}$$

$$d_{inv} = \frac{70}{0,57(100 - 70)} = 4,1 \text{ dias}$$

$$d_{verão} = \frac{70}{0,80(100 - 70)} = 3,0 \text{ dias}$$

O volume da lagoa pode então ser calculado em função do período de detenção e da vazão. Normalmente deveria ser usada a detenção de inverno (maior segurança), mas no nosso caso a diferença apenas de um dia para o inverno e verão nos permite optar pelo aspecto mais econômico. A profundidade, conforme dito anteriormente é de 3 metros.

Assim, resulta o cálculo da área:

$$A = \frac{\text{Vol}}{p} = \frac{Q \times d \text{ verão}}{p}$$

$$A = \frac{12.096 \text{ m}^3/\text{dia} \times 3 \text{ dias}}{3 \text{ m}} = 12.096 \text{ m}^2 = 1,2 \text{ ha}$$

Dimensões: 100 m × 120 m

A quantidade total de oxigênio é determinada pela equação (4):

$$R_{tp} = m a' L_r$$

m = para a temperatura do local = 1

a' = 0,7 (pouco acima do mínimo)

L_r = poluição — carga de DBO a ser removida

$$L_r = 12.096 \text{ m}^3 \times 250 \text{ mg/l} \times \frac{70}{100}$$

$$L_r = 12.096 \text{ m}^3 \times 250 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \times 0,7$$

$$L_r = 2.108 \text{ kg}$$

$$R_{tp} = 0,7 \times 2.108 = 1.480 \text{ kg O}_2/\text{dia}$$

ou

$$R_{tp} = 62 \text{ kg O}_2/\text{hora (total de oxigênio)}$$

O oxigênio fornecido pela reaeração superficial será:

$$R_s = 10,6 \times 10^{-4} \text{ kl — fórmula 6}$$

kl = 1,42 para 30°C (condição econômica)

$$R_s = 10,6 \times 10^{-4} \times 1,42$$

$$R_s = 15,05 \times 10^{-4} \text{ kg O}_2/\text{m}^2$$

portanto:

$$R_s = 15,05 \text{ g} \times 10^{-4} \times 1,2 \times 10^4 = 18 \text{ kg O}_2/\text{hora}$$

É possível então determinar-se a aeração mecânica:

$$R_m = R_{tp} - R_s = 62 - 18 = 44 \text{ kg O}_2/\text{hora}$$

O oxigênio fornecido por HP de potência nos é dado pela fórmula (7):

$$N = 1,35 \left[\frac{C_{aw} - 2,0}{9,2} \right] \left[1,025^{T-20} \right]$$

C_{aw} = 7,6 para 30°C (Tabela do Standard Methods)

$$N = 1,35 \left[\frac{0,95 \times 7,6 - 2,0}{9,2} \right] \left[1,025^{10} \right]$$

Resolvendo:

$$N = 1,8 \text{ kg O}_2/\text{HP/hora}$$

A potência total necessária seria então:

$$N_t = \frac{R_m}{N} \times \frac{1}{n}$$

Para um rendimento n de 70%

$$N_t = \frac{44}{1,8} = \frac{1}{0,7} = 32 \text{ HP}$$

Foram usados quatro aeradores de pás rotativas com eixo vertical, acionadas por motores de 8 HP, distribuídos equilibradamente na lagoa, conforme se pode verificar no desenho esquemático.

A lagoa mecanizada tem assim definidos seus principais elementos constitutivos.

O afluente dessa lagoa vai ser lançado, então, na lagoa fotossintética com a carga poluidora reduzida em 70%.

Não entraremos em muitos detalhes sobre esse cálculo, porque não é esse o objetivo principal do trabalho, e também porque nas formulações já são relativamente conhecidos.

Usando-se a combinação do conceito de fixação de profundidade de Moraes⁽¹²⁾ e da eficiência fotossintética de Gotaas e Osvald, é possível efetuar-se cálculo da área, do tempo de detenção, de remoção de DBO, etc., usando-se as tabelas, desenvolvidas e adaptadas por nós⁽¹⁴⁾ para as condições brasileiras.

Em face dos dados climatológicos de Petrolina (através das tabelas referidas), pode-se fixar a carga capaz da lagoa secundária em 150 kg de DBO/ha/dia.

Com essa taxa resulta de imediato o cálculo de área:

$$A = \frac{C_o}{t}$$

onde:

$$C_o = \text{carga orgânica} = 30\% \text{ de } 12.096 \times 250 = 900 \text{ kg/DBO/dia}$$

portanto:

$$A = \frac{900}{150} = 6,0 \text{ ha.}$$

Usaremos dimensões de 300 m × 200 m.

O tempo de detenção, considerando uma profundidade apreciável de 1 metro⁽¹⁴⁾, será:

$$d = \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{60.000}{12.096} = 5 \text{ dias}$$

A lagoa fotossintética terá, naturalmente, possibilidade de operar em níveis diferentes, de acordo com as imposições pluviométricas de verão e inverno, variando também, conseqüentemente, dos períodos de detenção. Esses níveis serão de 0,5 m e 1,5 m (vide desenho).

V. CONCLUSÕES

Segundo parece evidente, a economia da área resultante do uso desse conjunto é deveras notável. Se fizermos uma comparação com o implante de uma lagoa única, primária, fotossintética, veremos que a economia é de cerca de 70%, ou seja, correspondente à porcentagem de remoção da lagoa mecanizada.

Utilizando os mesmos dados de clima e considerando o uso de uma lagoa primária, teríamos:

$$A = \frac{Co}{t}$$

ou

$$A = \frac{12.096 \times 250}{150} = 20 \text{ ha.}$$

A soma das duas lagoas do conjunto mecanizado é $1,2 + 6 = 7,2$ ha, isto é, aproximadamente um terço da área referida.

Não estamos preconizando o uso de lagoas aeradas indiscriminadamente, mesmo porque há situações onde a lagoa fotossintética tem prevalência especialmente em face do custo do terreno. Será então necessário um balanço cuidadoso entre esse custo e o custo inicial e operacional das lagoas mecânicas.

Existe também a opção para os valos de estabilização, que utilizam além de oxidação intensa, a recirculação dos lodos, que após estabilizados, são conduzidos a leitos de secagem.

Fonzari Pera⁽¹⁵⁾ e Max Hess⁽¹⁶⁾ estudaram profundamente o assunto, e demonstraram a grande utilidade e o alto desempenho dos valos de estabilização, sobretudo no tratamento de resíduos industriais.

A nós nos parece que a vantagem da maior economia de área dos valos de oxidação à anulada pela maior complexidade do cuidado operacional, em relação às lagoas mecanizadas. Existem condições porém, onde esses valos se impõem como melhor solução, como também outras há onde a utilização do conjunto de lagoas mecânicas é mais aconselhável em relação à uma unidade fotossintética isolada.

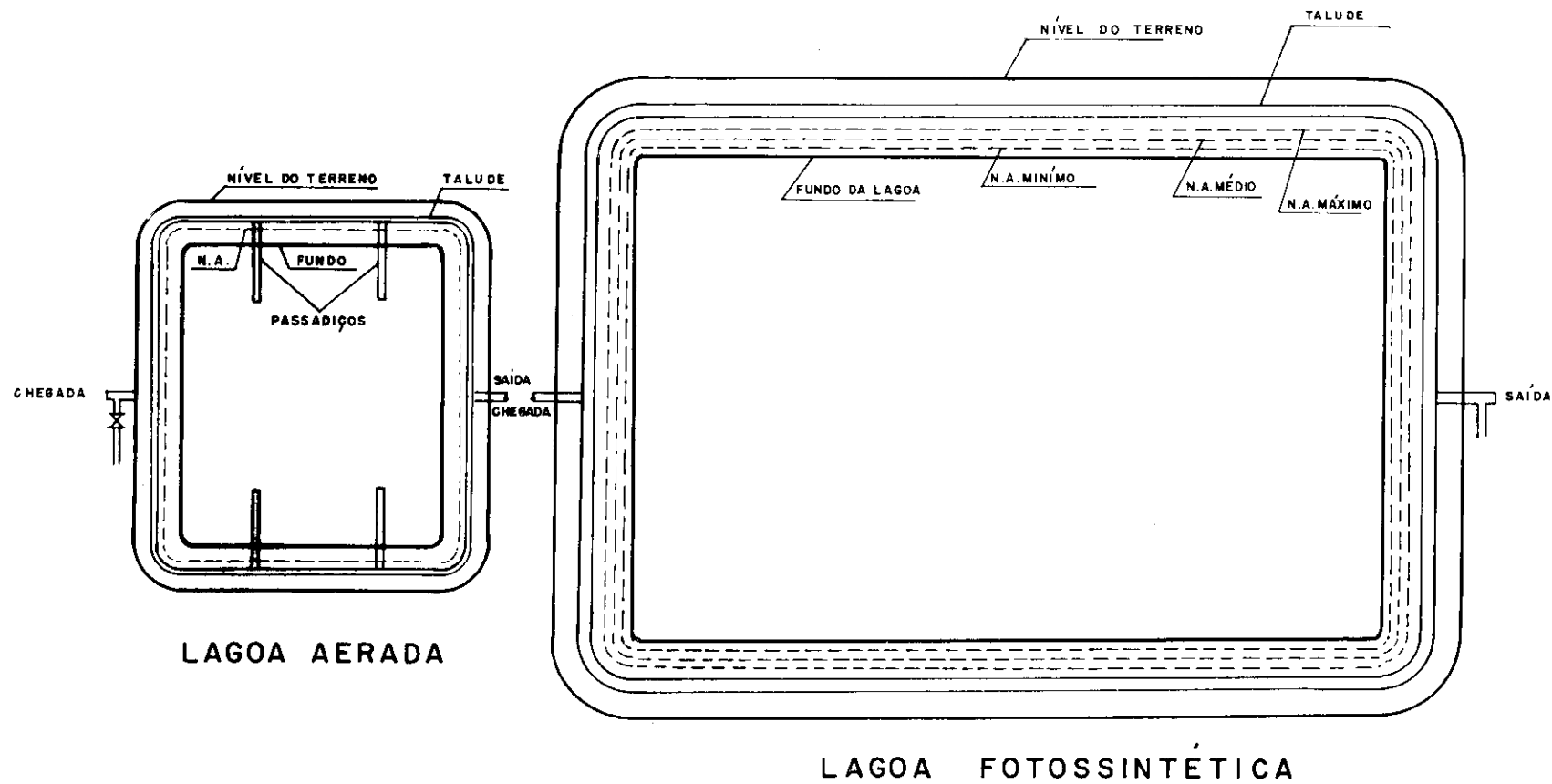
Essas opções serão comandadas pelo estudo criterioso de todos os fatores locais condicionantes.

De qualquer forma, o uso da lagoa aerada mecanicamente constitui uma alternativa válida e altamente eficiente para o tratamento de esgotos quando os processos convencionais não se adaptam em face das dificuldades de operação.

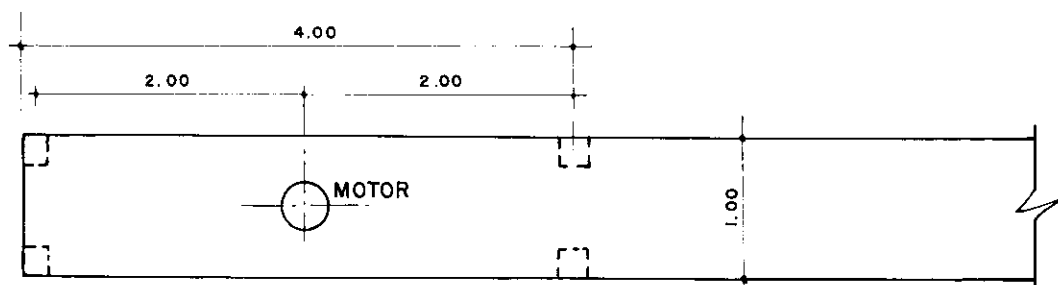
Segundo nos parece, essa alternativa será prevalente na grande maioria das cidades do interior Nordeste.

BIBLIOGRAFIA

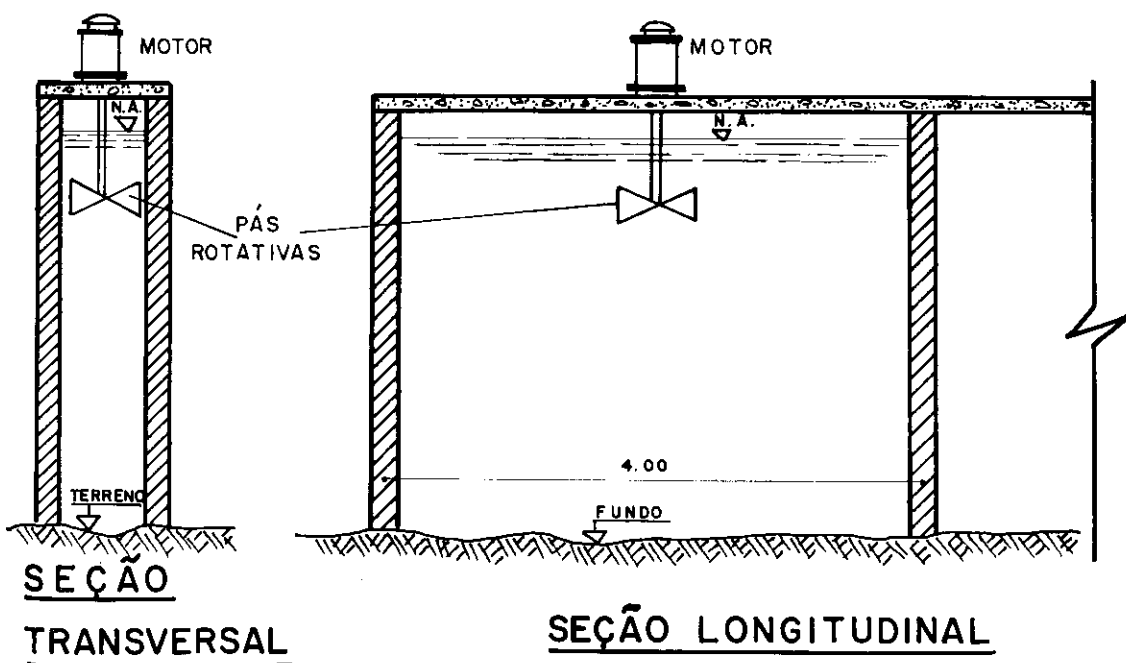
1. VICTORETTI, B. A. — Contribuição ao Emprego de Lagoas de Estabilização como Processo para o Tratamento de Esgotos Domésticos. Tese de Docência: E.P.U.S.P. — São Paulo, 1964.
2. PARKER, C. D.; JONES, H. L. & TAYLOR, W. S. — Purification of Sewage in Lagoons. Rev. Sewage and Industrial Wastes, pág. 760, junho, 1950.
3. Mc KINNEY, R. E. — Overload Oxidation Ponds. Two Case Studies. Journal W.P.C.F., pág. 48, janeiro, 1968.
4. GLOYNA, E. F. — Discão de Lagunas de Estabilização de Águas Negras. Curso de Lagunas de Estabilização — U.N.A. de México — O.S.P. — México, D.F., junho, 1966.
5. GLOYNA, E. F. & THIRUMURTHI, D. — Suppression of Photosynthetic Oxygenation. Water and Sewage Works, n.º 83, pág. 114, 1967.
6. OSVALD, W. J. — The Comming Industry of Controlled Photosynthesis. American Journal of Public Health, vol. 52, fevereiro, 1962.
7. SENA, O. L. S. — O uso da Algas como Alimento. (Parte do trabalho sobre lagoas do mesmo autor). Engenharia Sanitária, julho, 1967.
8. KAPLOVSKY, A. J.; WALTERS, W. R. & SOSEWITZ, B. — Artificial Aeration of Canals in the Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago, W.P.C.F., outubro, 1963.
9. ECHENFELDER, W. W., Jr. — Theory and Practice of Activated Sludge Process Modification W. and S. Works, pág. 340 — R, Reference n.º 1961.
10. AZEVEDO Netto, J. M. — Aeração Artificial de Lagoas. Curso de Lagoas de Estabilização — F.H.S.P.U.S.P. — O.P.S. — São Paulo, 1967.
11. Standard Methods — 12.ª edição, 1965 — A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.E., pág. 409.
12. MARAIS, G. van R. — A. Rational Theory for the Design of Sewage Stabilization Ponds in Tropical and Sub-Tropical Areas — Lusaka Northern Rhodesia — 1962.
13. GOTTAAS, H. S.; OSWALD, W. B. & LUDWIG, H. F. — Photosynthetic Reclamation of Organic Wastes. The Scientific Monthly, pág. 368, dezembro, 1954.
14. SENA, O. L. S. — A Lagoa de Estabilização de Esgotos. Início do seu Uso no Brasil e a Nova Agricultura das Algas. Primeiro Simpósio Brasileiro de Engenharia Sanitária. D.A.E. — São Paulo, 1966.
15. PERA, A. F. — Comunicação Preliminar sobre o Funcionamento de um Valo de Oxidação, com Perspectiva de Reaproveitamento da Água. Revista D.A.E. n.º 59, dezembro, 1965.
16. HESS, M. L. — Curso Sobre Difeño de Lagunas Zanjas de Oxidação. Universidade Nacional de Colombia, Bogotá, abril, 1967.



PASSADIÇO DA LAGOA AERADA



PLANTA DO PASSADIÇO



SEÇÃO
TRANSVERSAL

SEÇÃO LONGITUDINAL

