

A Lagôa de Estabilização como um Processo de Tratamento de Esgotos

Eng.º Civil e Sanitarista.
OCTAVIO LUIZ SANTOS DE SENA

Tese apresentada para Concurso de Livre Docente da Cadeira de "Higiene Geral, Higiene Industrial e dos Edifícios, Saneamento e Traçado das Cidades".
Da Escola Politécnica da Universidade da Bahia.

CAPÍTULO I

Introdução:

O homem, no seu desenvolvimento através da história, sentindo a necessidade de viver como um ser social para sua própria proteção e mútua troca de bens de consumo, formou aglomerados ou grupos populacionais que com o tempo se transformaram em aldeias, vilas, cidades. Esses conjuntos foram se tornando dia a dia mais complexos, exigindo um esforço coletivo dos grupos para tornar saudável, confortável e mesmo possível a vida em comum.

Um dos problemas mais importantes que surgiram desse complexo constituiu-se o transporte e disposição final dos resíduos produzidos, principalmente os líquidos. Vem dos tempos bíblicos e conceito de que nenhum animal pode viver demasiadamente perto dos despejos do seu próprio corpo.

Na Roma dos Césares, esse conceito foi dominante e resultou no maravilhoso sistema de esgotos de que temos notícia.

O crescimento das vilas e das cidades e o aparecimento de populações de baixo nível econômico e educacional deram origem às grandes epidemias, às grandes "pestes" que dizimaram populações inteiras na Idade Média e ainda persistiram, embora com menor intensidade, nos primórdios da Idade Moderna.

Eram os "miasmas" os responsáveis, os grandes culpados. Pasteur e a bacteriologia destruíram esse errôneo concei-

to, e começou-se a pensar em termos de poluição e contaminação.

Existe na Natureza um certo equilíbrio orgânico entre os diversos seres de todos os gêneros e espécies. O homem, vivendo em grupos mais ou menos densos, quando deixa de seguir certos princípios e leis, rompe esse equilíbrio, tornando-se um agente poluidor da Natureza. Algumas vezes ela se recupera dessa poluição; a sua capacidade de auto-depuração é suficientemente para eliminar ou transformar em causa inócua o agente poluidor. Outras vezes a carga é tão pesada que a natureza perde esse maravilhoso ato de depurar, limpar, diluir, e, então, sente-se que o equilíbrio foi rompido, algo está errado, e a consequência é imediata em forma de maus odores e doenças.

O adensamento dos grupos populacionais provocou a quebra desse equilíbrio em muitas cidades ou, mais especificamente, os cursos d'água receptores dos resíduos líquidos de esgotos mostraram-se insuficientes para efetuar integralmente o trabalho de auto-depuração. Estabeleceu-se, então, o famoso e conhecido ciclo de transmissão das doenças infecto-contagiosas: agente etiológico — contaminação da água — ingestão do agente pelo receptor são: nova deposição do agente — outra contaminação, etc., até o infinito. Esse ciclo é, como sabemos, dolorosamente verdadeiro, principalmente nas doenças de origem entérica.

Algo precisava ser feito, alguma coisa que pudesse separar os elos dessa cadeia e interromper o ciclo fatídico. Surgiram, então, os progressos de tratamento da água. Foi um grande passo, talvez o mais importante. Mas, às vezes, o grau de poluição era tão grande que o tratamento de água se tornava difícil, oneroso, senão de todo impossível. Um novo passo teria que ser dado, e êsse foi o tratamento dos esgotos. Sim, por que não eliminar a contaminação antes que essa chegue aos cursos d'água e vá estabelecer o ciclo novamente? É notória a máxima "antes prevenir que remediar".

Os processos de tratamento de esgotos, contudo, revelaram-se ainda mais dispendiosos que os de tratamento de água; de tal modo onerosos que muitas cidades literalmente não possuíam ou não possuem poder econômico suficiente para arcar com tal responsabilidade. Estabeleceu-se o dilema: pagar um preço além das possibilidades, ou contaminar perigosamente as próprias fontes de subsistência.

As lagoas de estabilização surgiram, quase que por acidente, como a tábua salvadora, para pequenas e médias cidades, impossibilitadas financeiramente de suportar o peso dos custos de construção e operação de estações de tratamento de esgotos convencionais.

Mais uma vez a Natureza veio em auxílio do homem, e passou a executar, com apenas um ligeiro toque, todo o trabalho de purificação das águas poluídas. O processo de tratamento de esgotos pelas lagoas de estabilização é inteiramente natural, por isso mesmo, barato e eficiente, desde que se lhes proporcione as condições adequadas, como veremos mais adiante.

Vários termos são usados para definir o processo. Alguns Estados nos EEUU, como o Texas, por exemplo, diferenciam. "Oxidation Lagoon" como um depósito natural, de "Oxidation Pond" que é uma lagoa artificial especialmente projetada e construída para o tratamento de esgotos e usada como tratamento secundário.

Nós preferimos, seguindo a linha adotada oficialmente pelo U.S. Public Health Service (Ref. 1) e usar o termo Lagoas de Estabilização "Waste Stabilization" porque o processo envolve outras ações, além da simples oxidação da ma-

téria orgânica e o termo é, portanto, mais genérico.

No entanto, julgamos que a coisa em si é muito mais importante que a terminologia que a define.

É essa importância seu valor, economia, e sua enorme aplicabilidade para a grande maioria das coletividades o que tentaremos provar nas páginas seguintes.

CAPÍTULO II

Histórico:

O uso das lagoas de estabilização como método de tratamento de esgotos, surgiu inicialmente de modo mais ou menos accidental.

Em San Antonio, Texas, EEUU, na primeira década do século, pensou-se em espalhar o efluente de decantadores de esgoto em uma área extensa, com o propósito de que êsse líquido percolasse e fôsse absorvido pelo terreno. Tal não se deu, porém, e observou-se que o esgoto tomava uma inteira coloração verde, desaparecendo ao mesmo tempo os maus odores. No entanto, nenhum estudo foi feito sobre o assunto.

Paralelamente, na Austrália, na Suécia e na Alemanha (Vale do Ruhr), começavam-se a fazer ensaios com as lagoas. Não temos, infelizmente, em nosso poder, dados sobre o trabalho das lagoas de estabilização nesses países.

O fenômeno de San Antonio repetiu-se em Fessenden, North Dakota em 1928, com a diferença de que não havia qualquer tratamento anterior (Ref. 2).

Foi a primeira lagoa primária de que temos notícia.

Em 1948, a cidade de Maddock, também em North Dakota, construiu uma lagoa, no que foi seguida por outras cidades no Estado e em Estados vizinhos.

Em 1951, Glen J. Hopkins, iniciou estudos nessas Lagoas, e seus relatórios foram considerados tão interessantes que em 1954 foram feitas investigações pelos engenheiros da cidade de Kearney, Nebraska, Departamento Estadual de Saúde e a Seção da Bacia do Missouri do USPHS. (Ref. 3).

Em 1955, o Robert A. Taft Sanitary Engineering Center em Cincinnati, Ohio, estabelecia um vasto programa

de estudos nas lagoas das duas Dakotas.

Dai em diante várias investigações têm sido efetuadas, e o uso das lagoas tem sido cada vez mais discriminado nos EEUU.

Últimamente, no Texas existem cerca de 150 lagoas em uso, no Alabama 50, etc.. Cremos que o número de lagoas na América do Norte exceda a um milheiro, atualmente.

Desapareceu a má vontade existente inicialmente, quando provou-se que as lagoas não produzem maus odores, ou os produzem em menor escala que os tipos convencionais de tratamento de esgotos. A administração e o povo das cidades servidas se sentem orgulhosos da duas lagoas, comparando sua manutenção quase nula com os altos custos de operação dos tipos de tratamento convencional das cidades vizinhas.

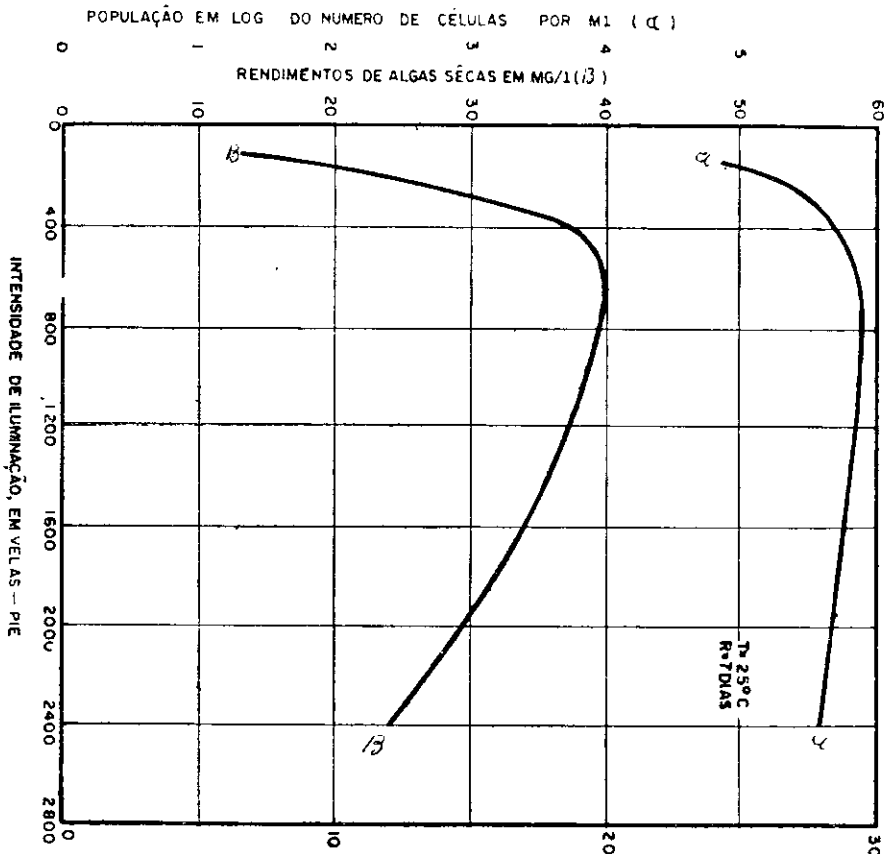
CAPÍTULO III

1 — Reações do conjunto alga-bactéria:

Apesar da grande variedade de factores de influência, determinando um sem-número de ações e reações, todos os estudiosos da matéria concordam em que, basicamente, o processo de estabilização resulta de um conjunto de interações bactéria-alga. Mais especificamente, as bactérias oxidam os compostos de carbono e nitrogênio (entre outros menos importantes) dos esgotos, fornecendo as algas nutrientes em forma de dióxido de carbono, CO_2 e amônia NH_3 , entre outros.: Através da fotossíntese, essas algas absorvem material necessário à sua sobrevivência e reprodução, liberando oxigênio (O_2), o qual é utilizado pelas bactérias para a oxidação da matéria orgânica influente, completando-se o ciclo.

Esquemáticamente, pode-se expressar essas reações com as seguintes fórmulas:

QUADRO Nº 1



$C H^2 O + O^2$ -Bactérias- $C O^2 + H^2 O$ (digestão aeróbica);

$C O^2 + H^2 O$ -Algas + luz- $C H^2 O + O^2$ (ação foto-sintética).

Como vemos, há um perfeito equilíbrio de dupla troca. As bactérias fornecem gás carbônico às algas e estas por sua vez retribuem oferecendo oxigênio (O^2) às primeiras. Como resultado, o efluente das lagoas é um líquido que **ainda contém matéria orgânica**, porém, matéria estável, constituída principalmente de algas em suspensão. Aqui achamos interessante reproduzir o conceito de Ludwig, Oswald, Gotaas e Lynch, sobre o processo (Ref. 4).

“O tratamento efetuado por uma lagoa de estabilização é resultante de uma complexa simbiose entre algas e bactérias. O principal trabalho é feito pelas bactérias aeróbias, que oxidam o carbono orgânico contido nos esgotos em dióxido de carbono.

As algas, através da foto-síntese, convertem grande parte deste CO_2 em material constituinte das suas células, de modo que o efluente das lagoas poderá conter tanto material orgânico quanto o do esgoto influente. No entanto, enquanto os sólidos contidos no esgoto influente são altamente putrecíveis e perigosos para a saúde pública, as algas em suspensão no efluente são grandemente estáveis e não têm significação patogênica”.

Esse conceito é altamente promissor partindo de autoridades consagradas, em um país onde os padrões de saneamento são elevados, e a regulamentação e repressão aos agentes poluidores é austero e operante.

Fazemos apenas uma ressalva ao termo simbiose desde que não há interrelação de corpos no sentido de integração completa, mas sim uma associação de duas diferentes espécies de vegetais (não esqueçamos que a bactéria é um vegetal) estabelecendo um “modus vivendi” favorável a ambas.

Poderíamos ainda, esquematizar o processo de estabilização com um diagrama um pouco mais complexo que o anteriormente apresentado, porém, bas-

tante elucidativo das reações que aparecem nas lagoas:

Empregamos a letra **A** para definir outras substâncias que entram na composição de esgoto bruto e também participam ativamente na formação e alimentação das algas; tais como fósforo, magnésio, potássio, cálcio, etc.. **M-O-E.** significa: matéria orgânica estabilizada.

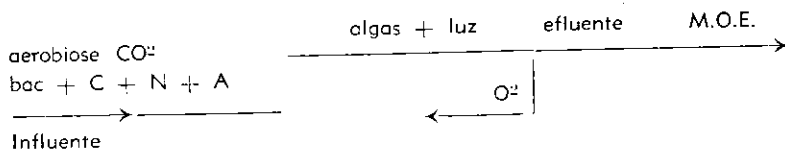
Ainda não existem, pelo menos no nosso conhecimento, estudos mais detalhados sobre a influência desses metais no processo de estabilização. Contudo, algumas observações efetuadas por Pedro J. Caballero (Ref. 5) indicam que o fósforo, o magnésio e o cálcio, nesta ordem, contribuem grandemente para o desenvolvimento das algas, ainda que, mais uma vez frisamos, sejam menos importantes que o carbono e o nitrogênio.

Antes de entrarmos em considerações sobre as influências externas que determinam e condicionam a operação de uma lagoa de estabilização, convém salientar que ações mecânicas tomam lugar logo no início da entrada do afluente nas lagoas, tais como a decantação de parte dos sólidos em suspensão, que se depositam no fundo e a dispersão de matérias flutuantes.

A deposição, ou sedimentação de alguns sólidos orgânicamente instáveis, no fundo da lagoa, provoca o aparecimento de digestão anaeróbia, a qual torna-se mais ou menos intensa em função da carga de DBO introduzida na lagoa e da penetração da luz solar.

Essa digestão anaeróbia é tolerada até um certo ponto (a não ser que se queira, propositalmente, processos anaeróbicos) e controlada por meios diversos, sendo um dos mais importantes a variação do nível operacional da lâmina d'água, em função das mutações anuais de temperatura e insolação.

De um modo sucinto, o processo de estabilização atua como descrevemos acima. Esse processo, no entanto, é condicionado por diversos fatores externos que exercem influência decisiva na performance das lagoas, como veremos a seguir.



2 — Influências externas:

Exercem influência no trabalho das lagoas de estabilização os seguintes fatores: insolação, temperatura, ventos, precipitação e evaporação.

Apesar de existir, como se torna evidente pela terminologia desses fatores, uma certa interrelação entre eles, tentaremos, para efeito de simplificação, estudá-los isoladamente:

a) Insolação:

Como fator imprescindível para a realização do processo foto-sintético, a luz solar constitui-se no mais importante elemento de influência externa nas lagoas de estabilização. A produção de algas é função direta da intensidade e penetração da luz do sol. Uma das razões, a mais decisiva mesmo, que limitam a profundidade das lagoas a baixo nível é o índice de penetração da luz incidente, o qual é inversamente proporcional a essa profundidade.

Estudos de laboratório efetuados com a *Euglena gracilis* por Caballero (Ref. 5) demonstram, no entanto, que há um certo decréscimo, tanto na população de algas como no rendimento em peso de algas secas (mg/1) após seja ultrapassado um valor de iluminação incidente além de 1.200 velas-pé. Essas experiências efetuaram-se com luz solar artificial, notando-se uma diminuição no rendimento de clorofila. Modificou-se então o procedimento do teste com 16 horas de luz e 8 de penumbra com o propósito de imitar condições naturais. A ausência de luz, por certos períodos, provocou então um acréscimo no coeficiente de assimilação de oxigênio, com um rendimento paralelo na produção de clorofila.

Em outras palavras, a respiração noturna torna-se necessária para a reconstituição das células das algas e a manutenção do seu equilíbrio vital, a fim de que não haja solução de continuidade no fornecimento de oxigênio livre às bactérias, possibilitando-se a prosseguir no seu trabalho de oxidação da matéria orgânica instável do esgoto influente.

O quadro n.º I nos fornece alguns informes interessantes sobre as variações de populações e de rendimento de algas secas em função da intensidade

luminosa sob condições fixadas de temperatura e tempo de retenção.

Desses informes conclue-se que as condições naturais de insolação são exatamente as que melhor se adaptam ao processo de estabilização das lagoas.

A intensidade de insolação é regulada, no entanto, por três fatores geográficos e climatéricos:

Latitude — nebulosidade — altitude, na ordem de importância.

A influência da latitude torna-se evidente em função do tempo em que o sol permanece sobre o horizonte durante as estações do ano. Quanto mais nos afastamos do equador, maior a amplitude entre os períodos de alta e baixa insolação, e, conseqüentemente, maior diferenciação entre os meses mais favoráveis (verão) e os menos convenientes (inverno), a uma insolação intensa com aumento da produtividade das algas.

O quadro n.º 2 (Ref. 5) mostra a percentagem do tempo médio em que o sol se encontra sobre o horizonte, em função de latitude e dos meses do ano, no contingente Americano. Para o Hemisfério Sul, leia-se o quadro pela direta.

Os valores de insolação total e visível são medidos em langley's por dia, ou seja a quantidade de calor em grama por centímetro quadrado por dia, que incide sobre uma superfície horizontal ao nível do mar.

O U. S. Weather Bureau publica um quadro de valores médios prováveis de insolação para o Hemisfério Norte (ver Ref. 5), com fatores de correção para nebulosidade e altitude e que podem ser usados para o Hemisfério Sul, com uma diferenciação de 6 meses e aplicando-se os fatores correccionais indicados.

A nebulosidade interfere negativamente na intensidade luminosa, e é inteiramente condicionada por fatores climáticos locais. No entanto, como a foto-síntese ainda se realiza sem a luz direta do sol e com intensidade luminosa fornecidas pelo tempo mais nebuloso, a sua influência negativa, se bem que exista, pode ser considerada como desprezível.

A altitude é um fator de ordem positiva como se poderá ver pelas corre-

ções do quadro de valores do U.S. Weather Bureau, antes citado, porém a sua interferência no processos de insolação é também mínima.

b) Temperatura:

As temperaturas dos esgotos e do ambiente exercem uma influência decisiva sobre o processo de estabilização das lagoas.

Tanto as bactérias como as algas são afetadas em sua reprodução e manutenção pelas diferenças de temperatura, havendo, no entanto, uma grande amplitude entre mínimos e máximos, onde o trabalho das bactérias e algas não sofre variações consideráveis.

As bactérias aeróbias reproduzem-se entre temperaturas, logo acima do ponto de congelação, indo até 40 ou 50.º C. Estudos efetuados por diversos autores consideram, porém, a temperatura de ordem prática ideal a de 25.º C para um maior desenvolvimento das bactérias aeróbias nas lagoas. Também as algas desenvolvem-se em diferentes graus de temperatura e as euglenas e clorele, as 2 espécies mais comuns encontradas, têm seu ponto mais alto de reprodução entre 20.º e 30.º C.

A maior influência da temperatura, entretanto, processa-se indiretamente, nos países de clima temperado e frio, nos meses de inverno. As baixas temperaturas provocam o congelamento da superfície e a espessura da camada de gelo impede a penetração da luz solar, inibindo a ação foto-sintética. Em breve morrem as algas e cessa o fornecimento de oxigênio dissolvido (2) às bactérias. Inicia-se, então, a digestão anaeróbica da matéria orgânica. No entanto, como que a título de compensação, essa mesma camada de gelo impede a propagação dos maus odores provenientes da digestão anaeróbica. O ponto crítico estabelece-se na primavera quando o gelo começa a derreter-se e há um período de transição para a volta à digestão aeróbica e odores objectionáveis podem ser sentidos. Essa transição se processará tanto mais rapidamente quanto menor fôr o período de detenção e maior a penetração da luz solar aumentando a foto-síntese. Usa-se, então, o recurso de abaixar o nível operacional das lagoas diminuindo-se con-

sequentemente o tempo de detenção e fornecendo maior índice de penetração à luz através de uma lâmina d'água menos densa.

No Brasil esse aspecto da operação das lagoas apenas aparecerá em alguns locais dos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, mas não se constitui, absolutamente, em motivo de objeção se uso das Lagoas nesses locais, desde que sejam estas convenientemente projetadas e operadas. A grande maioria das Lagoas nos EEUU cobre-se com uma camada de gelo no Inverno, sem que isto restrinja seu uso cada vez mais intenso. Mesmo no Alaska (Ref. 7), onde os rigores do inverno são de todos conhecidos, as primeiras experiências com as lagoas revestiram-se de inteiro sucesso.

Evidentemente, estudos locais da variação de temperatura devem ser feitos visando o maior rendimento possível em função de latitude e altitude.

Não é do nosso propósito tecer maiores considerações a respeito, desde que a adaptabilidade do processo de estabilização e tratamento dos esgotos nas lagoas, as diferenciações de temperatura, é tão grande, que converte este fator em grandeza de segunda ordem, ainda que importante.

c) Ação dos ventos:

O ar em movimento dá origem ao aparecimento de ondas na superfície das lagoas. Essas ondas executam um trabalho de mistura, de revolvimento da massa líquida, atuando como agente dispersor de algas e de bactérias, além de, o que é de capital importância, transferir para a superfície, provocando correntes ascendentes, formações de algas que recebem então efeitos mais diretos da luz solar incrementando a ação foto-sintética.

Negativamente, as ondas exercem uma ação erosiva nos diques, os quais devem ser convenientemente protegidos, como veremos mais adiante.

A direção dos ventos dominantes é também importante. Materiais flutuantes são arrastados pelo vento e podem ser eliminados desde que se coloque as estruturas de descarga contra a direção predominante.

Ainda que em operação normal, as lagoas não apresentem odor algum, é seguro esperar-se que anormalidades possam ocorrer, e aparecerão alguns odores, como em qualquer outro tipo de tratamento de esgotos, devendo-se colocar a lagoa, sempre que possível, à jusante dos ventos predominantes em relação às habitações mais próximas.

d) Precipitação e evaporação:

Tendo êsses termos significado oposto, torna-se evidente que exercem ações antagônicas no trabalho das lagoas de estabilização.

A equação dos volumes pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$I + P = E + If + Ev. \text{ onde:}$$

I = influente; P = precipitação;

E = efluente; If = infiltração e

Ev. = evaporação.

A precipitação age positivamente como diluidor diminuindo a carga unitária de DBO, porém torna mais curto o tempo de detenção o que pode determinar um decréscimo no grau de estabilização do efluente. Como se pode inferir pela própria terminologia, os índices de evaporação atuam de modo inverso.

No nosso país, onde existem regiões de índice pluviométrico altíssimo, e outras bastante secas, consideramos de **capital importância** dotar as lagoas de facilidades no extravasar que possibilitem a variação d'água do nível, afim de controlar os efeitos da precipitação e da evaporação.

Como um dos componentes da equação acima citada, a infiltração não pode ser considerada uma influência externa, porém está tão intimamente relacionada à equação dos volumes, que a incluímos nesta parte do nosso trabalho.

As características locais do solo e sub-solo devem ser levadas em consideração de modo a determinar-se quais as influências da infiltração na área escolhida para construção de lagoas. Se existem rochas fissuradas, ou arenitos e silte altamente permeáveis na região escolhida, devem ser tomadas algumas medidas de ordem prática contra a poluição do lençol subterrâneo. Estamos nos re-

ferindo ao lençol freático, desde que o aquífero não é afetado devido a camada impermeável que o sobrepõe.

Entre essas medidas, recomendamos o afastamento da lagoa pelo menos a 500 metros (horizontalmente) do poço freático mais próximo, ou o recobrimento do fundo com uma camada de aproximadamente 5 cm. de barro, a fim de impermeabilizá-lo. Evidentemente, êsses parâmetros não são rígidos, mas dependem de estudos de permeabilidade do solo e sub-solo nas áreas da lagoa e em volta da mesma.

Observa-se ainda que a deposição de materiais no fundo dá origem à formação de uma camada que tende a aumentar a impermeabilidade com o tempo, sendo comparável, nêsse aspecto, ao "Schmutzdecke" que se forma na superfície filtrante dos filtros lentos de areia.

3 — A eficiência do processo de estabilização:

Assim como em outros processos de tratamento de esgotos, a eficiência das lagoas de estabilização é medida principalmente em termos da redução dos índices da Demanda Bioquímica de Oxigênio (D.B.O.).

Não entraremos, em detalhes sobre definição de D.B.O., apenas observando que o maior ou menor consumo ou demanda de oxigênio proveniente de carbonatos, nitratos, fosfatos, nesta ordem, define o grau de estabilidade da matéria orgânica nos cursos d'água, e funciona como um parâmetro da quantidade de poluição, assim como o N.M.P. em coliformes é o definidor principal da qualidade da água de consumo público.

Condicionada à carga de D.B.O., introduzida nas lagoas e, naturalmente, às influências externas de insolação, temperatura, etc., índices de redução da D.B.O. variam entre 70 e 97%.

Em Kearney, Nebraska, EEUU, com cargas de 60 lbs. por acre (cerca de 68 kg por hectare), a lagoa que serve à cidade atinge índices de remoção da ordem de 95% nos meses favoráveis (Ref. 8) apesar da alta concentração de DBO no esgoto influente.

Em Austin, Texas (Ref. 6) experiências de laboratório efetuadas, sem controle de luz e temperatura, com esgoto

sintético de $\text{pH}=8$, em aquários imitando lagoas de estabilização, demonstraram uma notável redução de D.B.O., diretamente proporcional ao tempo de detenção. O quadro 3 nos mostra os resultados dos testes levados a efeito.

O que torna mais notável esta performance é que ela é comparável com os mais altos índices de remoção de tratamentos secundários convencionais, tal como o processo dos lodos ativados.

É claro que a redução que se quer obter é condicionada pelas características de capacidade diluidora, poluição à montante, usos à jusante, etc., do curso d'água receptor, podendo-se, no projeto, condicionar a carga influente aumentando a área da lagoa, ou usando lagoas em série conforme a necessidade.

Mais adiante voltaremos ao assunto, fornecendo alguns dados que, embora empíricos, ou baseados em observações fora do nosso país, serão suficientemente exatos para permitir ao projetista brasileiro obter das lagoas o grau de tratamento que deseja.

Também a redução de coliformas nas lagoas de estabilização é significativamente alta, sendo, muitas vezes, superior à obtida com outros tipos de tratamento. Várias teorias têm sido aventadas para explicar o fenômeno, sendo que uma das mais aceitas afirma que o conjunto interrelação alga-bactéria, produz enzimas tóxicas para o grupo coliforme (Ref. 8).

Esse alto índice de redução de coliformes torna-se importantíssimo para o Brasil, onde os níveis de educação sanitária ainda são baixos, e é mais que provável que seres humanos venham beber a água do curso receptor à jusante da descarga do efluente da lagoa, sem qualquer tratamento dessa água.

Uma terceira característica do trabalho das lagoas é a quantidade de sólidos em suspensão.

Não há considerável redução dos sólidos (pelo menos nas lagoas palmárias — uma só unidade — recebendo esgoto bruto ou duas trabalhando em paralelo) e muitas vezes nota-se mesmo um acréscimo em mg/l .

A grande diferença, como já dissemos acima, consiste na qualidade dos sólidos. O efluente é matéria orgânica estabilizada, sem significação sanitária.

Ainda assim, se condições especiais o exigirem, poder-se-á usar instalações em série, leitos filtrantes de areia, ou decantação do esgoto influente antes da entrada da lagoa.

Os recursos são vários e eficientes. No entanto, para as concentrações populacionais de aplicabilidade das lagoas, no nosso País, duvidamos que essas medidas sejam necessárias.

Vejamos agora, certas características das instalações nos EEUU (onde obtivemos a maior parte da nossa experiência no assunto), após o que tentaremos fornecer alguns dados práticos para projeto e operação, adaptando-os ao Brasil.

QUADRO N.º 3
ESGÓTO SINTÉTICO pH = 8,0
SEM CONTROLE DE LUZ E TEMPERATURA

TESTE	DIAS DE DURAÇÃO	FONTE	DIAS DE DETENÇÃO	TURBIDEZ PPM	CÁLCULOS DE ALGAS ML 10.º	D. B. O. INFLUENTE		PH EFLUENTE	D.B.O. EFLUENTE PPM	D.B.O. REMOVIDO %
						PPM	SÓLIDOS			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13d.	50	AQUÁRIO	3,3	—	173	230	515	8,0	34	85
		N.º 1								
	50	N.º 2	6,7	—	131	34	257	8,1	10	96
	50	N.º 3	10,0	—	315	10	172	8,7	8	98
14d.	93	AQUÁRIO	6,7	570	1200	210	235	9,5	27	87
		N.º 1								
	93	N.º 2	13,4	560	1500	27	117	10,1	19	91
	93	N.º 3	20,0	640	1100	19	78	10,5	16	93

QUADRO N.º 4

INSTITUTO DE METEOROLOGIA
OBSERVAÇÃO METEOROLÓGICAS

ESTAÇÃO DE

CLASSE DE SÃO SALVADOR

ESTADO DA BAHIA

PERÍODO 1939 — 1940

MESES	TEMPERATURA CENTÍGRADA À SOMBRA			UMIDADE DO AR	PRECIPI- TAÇÃO	VENTO		Insolação total horas e décimos
	Média das máximas	Média das mínimas	Média relativa %	Umidade relativa %	Altura total	Direções Predominantes		
						1.ª	2.ª	
Janeiro	29,6	23,1	26,0	79,8	82,7	E	NE	258,7
Fevereiro	29,8	23,3	26,2	79,9	81,6	E	NE	232,9
Março	29,5	23,4	26,2	80,6	192,0	C	E	233,8
Abril	28,7	23,2	25,7	83,0	268,1	C	SE	220,1
Maiο	27,4	22,4	24,7	83,5	326,1	SE	S-SE	177,4
Junho	26,5	21,5	23,8	81,9	181,4	SE	O	194,1
Julho	26,5	20,6	22,9	81,7	211,3	SE	E	185,6
Agosto	26,1	20,6	23,0	79,3	93,2	SE	C	224,1
Setembro	26,8	21,2	23,8	80,7	99,1	E-C	SE	212,2
Outubro	25,4	22,0	24,6	80,4	104,1	E-C	SE	242,9
Novembro	25,7	22,4	25,1	81,2	127,8	E	NE	228,4
Dezembro	28,4	22,8	25,7	80,5	87,1	E	NE	255,8
ANO	27,5	22,2	24,8	81,0	1.854,4	E	NE	2.635,0

CAPÍTULO IV

TIPOS — DADOS PARA PROJETO E OPERAÇÃO

1) Tipos:

Apesar de recente, o estudo e o emprego das lagoas de estabilização, vários tipos e associações têm sido tentados visando cregar aos níveis de tratamento mais altos possíveis.

Nossos estudos e observações, a exemplo de outros interessados na matéria, levaram-nos à classificação das lagoas em três grandes tipos:

1.º Quanto ao processo digestivo

Predominantemente aeróbicas	(1)
” anaeróbicas	(2)
” mistas	(3)

2.º Quanto ao tipo operacional

a) dos volumes	
com descarga	(4)
sem descarga	(5)
b) da qualidade do influente	
primárias	(6)
secundárias	(7)
cerciárias	(8)

3.º Quanto à forma

quadradas	(9)
retangulares	(10)
circulares	(11)
outras formas	(12)

Como se pode notar, as duas primeiras classes são dinâmicas, isto é, podem operar em diferentes posições das subdivisões, dependendo de fatores fora de controle, ou sob o controle do operador.

A terceira é estática, uma vez determinada a forma e construída a lagoa, esta forma permanece.

É evidente também, que dado um determinado instante de tempo, uma lagoa qualquer estará classificada em um fixado sub-grupo de todas as três classes, o que, na primeira vista, parece anular a classificação proposta, porém, é a maneira mais lógica que encontramos para

agrupar todos os fatores estáticos e dinâmicos que interferem nas lagoas.

Vamos, então, tecer algumas considerações sobre os diversos sub-grupos citados:

1) Predominantemente aeróbicas

O adverbio oposto tem por finalidade precisar melhor o adjetivo, desde que não existem lagoas totalmente aeróbicas. Mesmo nas que possuem uma densa população de algas vivas, processa-se no fundo alguma digestão bacteriana anaeróbica sem a presença do oxigênio livre. Essa digestão é diretamente proporcional à profundidade e inversamente à população de algas, como já vimos.

São as mais comumente usadas, suportando uma carga máxima de 100 kg de D.B.O./ha dia, a depender, naturalmente, das condições de profundidade, temperatura, insolação, ventos, etc., já mencionados.

2) Predominantemente anaeróbicas

São praticamente transitórias e dependem do fator clima nas latitudes rigorosas. A lagoa aeróbica de verão transforma-se em anaeróbica no Inverno por força da camada de gelo que a cobre. Ainda assim, nas proximidades dos dispositivos de entrada, o movimento e a relativamente alta temperatura do esgoto influente, impedem a formação de gelo, processando-se digestão aeróbica nestas áreas.

3) Mistas

Parte dos esgotos da cidade de Melbourne, Austrália, são tratados por um sistema de lagoas mistas, reservando-se a primeira parte da lagoa para a digestão anaeróbica — cargas de 2.000 lbs. de DBO/Acre dia, ou 2.260 Kg/HA dia — e a segunda parte para a digestão aeróbica, com cargas de 5 a 10% desse valor. Evidentemente, aparecem odores desagradáveis na lagoa anaeróbica, porém obtém-se um grau de tratamento muito mais elevado e a distância é tão grande das habitações mais próximas que os odores não chegam até elas. O fator econômico é um tanto prejudicado pelo preço da longa tubulação do influente, além do custo da comprida faixa de terra por

onde esta passará. A não ser em circunstâncias especialíssimas, plenamente justificadas pelo projetista, não recomendamos o uso de lagoas anaeróbicas no País.

Alguns estudos começaram a ser feitos pela Industrial Research Division do U.S.P.H.S. (Ref. 9) nos EEUU, porém, ainda não há conclusões de ordem prática, recomendando o uso de lagoas mistas.

4) Lagoas sem descarga

Elimina-se uma das expressões da equação dos volumes citados anteriormente, de modo a termos:

Influyente + precipitação = evaporação + infiltração ou $I + P = Ev + If$.

Essas lagoas são características de áreas muito secas, com baixos índices de precipitação, e considerável evaporação, além de situarem em terrenos porosos onde a infiltração é intensa; ou quando situadas em regiões frias, são projetadas com um tempo de detenção mais longo, a fim de reter sob o gelo toda a carga dos meses de inverno, quando o volume de esgotos decresce em consequência do menor consumo de água.

5) Com descarga

São as lagoas comuns, onde o efluente é geralmente despejado em um curso d'água receptor. Em pequenas instalações pode-se pensar em trincheiras filtrantes, ou poços absorventes; se não se tem um córrego em condições favoráveis nas proximidades.

Recomendamos a adoção de medidores Parshall tanto na tubulação influente, como na efluente, possibilitando assim medições de infiltração e o posterior grau de colmatação. Consideramos esse controle importante no nosso País, onde há falta quase absoluta de informações dessa natureza.

6) Primárias

Uma só lagoa efetua todo o tratamento dos esgotos vindos diretamente da rede coletora. Sua características depuradoras, são: redução da D.B.C.: ótima; redução dos grupos-coliforme: ótimo; redução dos sólidos em suspensão:

fraca. Ainda uma vez voltamos a repetir que esses sólidos são constituídos de matéria orgânica estabilizada e, portanto, sem significação patogênica. O uso das lagoas primárias depende, portanto, de condições locais do curso d'água receptor e da qualidade da água que se deseja à jusante da descarga. Cremos ser aplicável à grande maioria das pequenas cidades brasileiras. Nos Estados de Alabama, Mississipe, Louisiana, nos EEUU, usam-se lagoas primárias com cargas de D.B.O. entre 25 e 30 lbs/acre (28 a 40 Kg/Ha).

As condições climáticas do Brasil (de São Paulo para cima) permitem, a nosso ver, a adoção de uma carga de segurança de D.B.O. de 50 Kg/Ha dia, podendo-se esperar uma redução média de 80%. Experiências efetuadas pela Fundação SESP e SVP, que construíram uma lagoa experimental em São José dos Campos, apresentaram resultados bastante animadores, com remoções de 96% e 99,8% em D.B.O. e em coliformes, respectivamente, com uma carga influente na lagoa aeróbica, de 90 Kg/Ha dia (Ref. 11).

7) Secundárias

Tratam o efluente de outra lagoa de estabilização ou de uma instalação qualquer de tratamento primário, tais como caixas de areia, decantadoras, etc..

Quando o influente da lagoa secundária é o efluente de outra lagoa, e dupla está trabalhando em série. Pode-se construir em seguida à segunda lagoa, mais algumas (Ref. 4 pág. 33), porém, elas continuarão a ser secundárias. Não vemos vantagens em tal processo, uma vez que, após a segunda passagem, a população bacteriana sofre um decréscimo tão grande que cessa de fornecer alimento às algas, quebra-se o equilíbrio bactéria-alga, e essas morrem, provocando um retorno a condições indesejáveis com o aumento de DBO dos sólidos em suspensão. Cremos que uma lagoa secundária é suficiente e fornece o mais alto grau de tratamento possível. As lagoas secundárias podem receber cargas de 70 a 120 Kg de D.B.O. por Ha dias, com uma redução média de 95% ou mais.

No projeto das lagoas em série, a lagoa primária, também deverá ser projetada para a carga de D.B.O. acima referida.

8) Terclárias

Recebem o efluente de tratamentos secundários, tais como filtros biológicos, ou lodos ativados. Existe uma instalação do gênero em Dallas, Texas, pertencente à Trinity River Authority.

Seu uso é restrito a um excepcional grau de tratamento desejado, ou quando é muito grande ou de qualidade especial a presença de despejos industriais.

Devemos confessar que é uma combinação que não nos agrada, pois se a área de que dispomos é suficiente e barata, as lagoas em série nos fornecerão um grau de tratamento comparável ao secundário convencional. Se não, não vemos por que adquirir terras caríssimas para a construção de uma lagoa.

Na estação de tratamento acima citada, as lagoas recebiam uma carga de 150 Kg D.B.O./Ha. dia.

9) Quadradas

Forma muito usada e econômica; os cantos devem ser arredondados para evitar-se acúmulo de material.

10) Retangulares

Observações e experiências de campo demonstram deve-se evitar formas muito alongadas, que prejudicam a circulação em todos os sentidos. Como valor limite, recomenda-se que a largura não seja menor que metade do comprimento: $2L=C$

Também devem ter cantos arredondados.

11) Circulares

São as formas mais econômicas quanto à área — maior área no menor perímetro — são muito dependentes, porém, da topografia local e parecem não proporcionar muito boa circulação.

12) Outras formas

Várias formas têm sido usadas ou sugeridas para as lagoas de estabilização. Evidentemente, a forma mais econômica é a que segue a topografia local e requer, portanto, menor movimento de terra. Esse fator deve ser levado em conta na escolha do local. Consideramos a forma ideal em eficiência, a elíptica, com a estrutura de entrada em um dos focos, e a

saída no canto oposto, na direção dos ventos predominantes.

Na figura 1 damos uma sugestão para projeto de uma lagoa primária desse tipo.

Vejamos, então, alguns dados e considerações para o projeto e operação das lagoas de estabilização:

2) Dados para projetos e operação:

Como em qualquer outro projeto, no campo de engenharia, e principalmente da engenharia sanitária, são importantíssimos os dados preliminares que irão definir o tipo de instalação proposta.

Sugerimos a tomada dos seguintes dados:

a) Dados preliminares:

1) Verba: indispensável sem comentários;

2) População atual e população futura ou de projeto. Pode ser fornecida pela agência local do C.N.E.

3) Consumo de água per-capita/dia.

Se não for possível obter-se, toma-se 150 l/hab./dia para cidades até 50 mil pessoas e 200 l/hab./dia para as de população superior. A vazão per-capita para os esgotos deve ser decrescida de 20%. Esta vazão média; a da hora máxima do dia médio, será multiplicada pelo coeficiente $K = 1,25$ e este deverá ser a vazão de projeto considerando a população futura a ser servida.

4) Características do esgoto a ser tratado: D.B.O., N. M.P. em coliformes, sólidos em suspensão, pH, alcalinidade, turbidez, e temperatura.

Estas são análises que deveriam ser feitas no local. Não sendo possível, no laboratório mais próximo, não sendo ainda possível — o que, infelizmente, deverá acontecer em muitas áreas do nosso País — tome-se um valor médio de 0,12 Kg de D.B.O. por habitante dia. Tendo-se a população de projeto, tem-se a produção total de D.B.O., conseqüentemente, a área necessária.

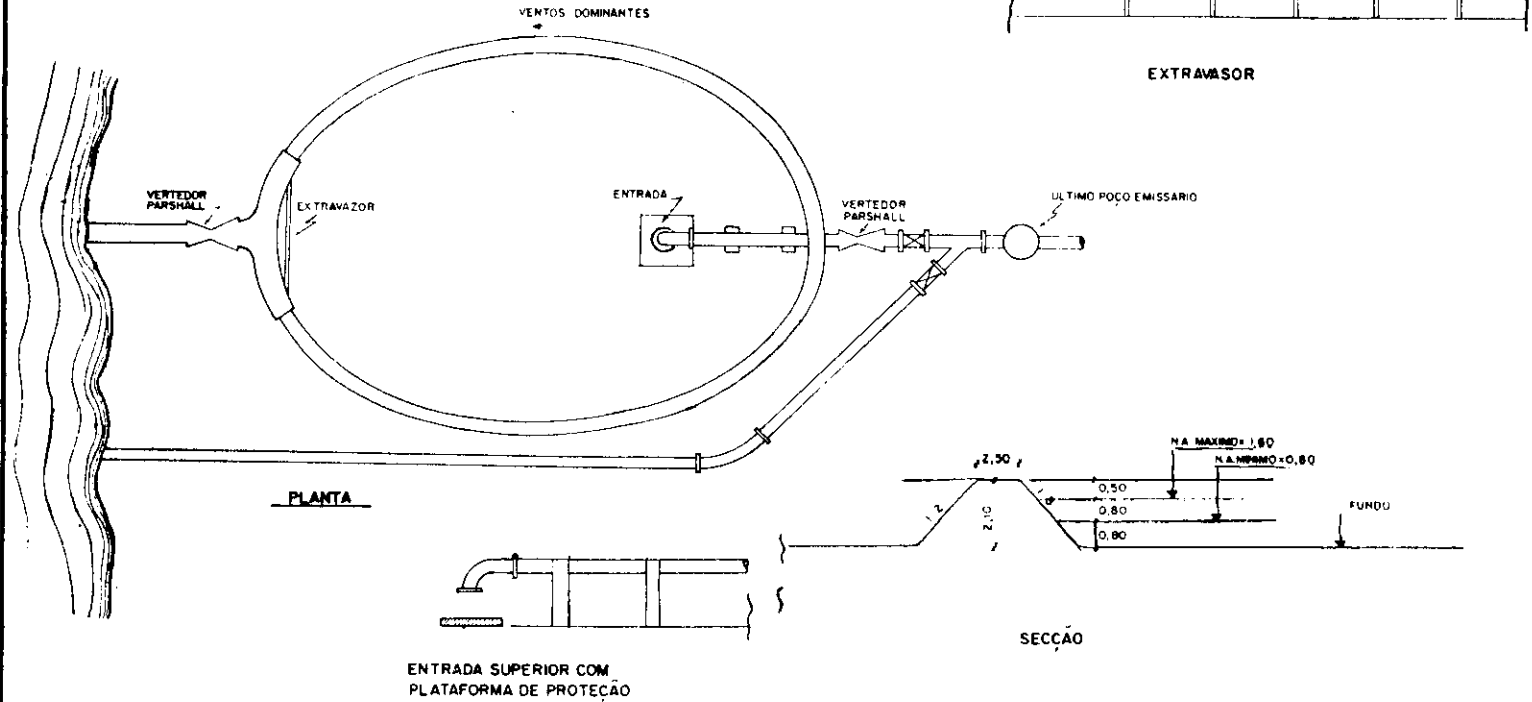
5) Preço das terras em volta da cidade:

Esse fator, vai definir se é conveniente a adoção da lagoa de estabilização ou de um tratamento mais compacto, requerendo menor área.

SUGESTÃO PARA UMA LOGÔA DE ESTABILIZAÇÃO PRIMÁRIA

— ESQUEMA —

fig. I



Deve ser feito, então, um estudo comparativo entre o preço da lagoa e o do outro tipo de tratamento. Se a lagoa — em virtude do alto preço das terras — se revelar **um pouco mais cara**, ainda assim **recomendamos seu uso**. Não esqueçamos que estações de tratamento de esgotos convencionais requerem uma manutenção onerosa e difícil, algumas vezes inteiramente impossível, devido à falta de pessoal habilitado a operá-las, em nossas pequenas e médias cidades.

Decidido que esteja, o uso da lagoa de estabilização, passemos à escolha do local:

6) Escolha do local

Essa escolha obedecerá a algumas considerações que transformaremos em itens, deixando a critério do projetista estabelecer a escala de prioridade mais conveniente a cada caso particular. Vamos figurar nos nossos itens as considerações que nos parecem ideais, compreendendo que, na prática, nem todas oferecerão todos êles. Daí, a escala de prioridades que dependerá do conhecimento e do bom senso do projetista.

a) Local mais baixo que o nível de operação do último poço de visita do emissário possibilitando escoamento por gravidade.

b) Entre o curso d'água receptor e a cidade, de modo que os ventos predominantes soprem na direção do córrego ou rio.

c) 500 metros ou mais, afastada da habitação ou poço freático mais próximo.

d) Em uma área plana e nivelada, entre elevações, de modo a facilitar fáceis empréstimos de terra para os diques.

e) Essas quatro considerações nos permitirão escolher um local que será mantido ou não, a depender do que se seguir:

Escolhido o local, procura-se obter dados sobre os índices pluviométricos e evaporimétricos da cidade a ser servida, ou da mais próxima, cujas condições se lhe assemelham, ou na falta, usando-se pluviômetros e evaporímetros, obtendo êsses dados.

Em seguida, deverão ser feitos testes de infiltração, tanto na área da lagoa, como em sua volta e áreas adjacentes.

Quanto mais se conhecer as características do solo e do sub-solo, melhor se poderá tomar medidas contra a poluição do lençol freático. Assim, teremos, com grande aproximação, conhecidos os termos da equação dos volumes.

$$I + P = E + I_f + E_v.$$

f) Os testes citados no item anterior, somados às considerações antes formuladas, determina quase que definitivamente a escolha do local, restando apenas um fator: as condições existentes e requeridas para o curso d'água receptor. Se a carga de D.B.O. máxima permitida à jusante do curso d'água receptor for menor que a que será lançada pelo tratamento primário, usam-se lagoas secundárias, ou lagoas secundárias seguidas de leitos filtrantes, ou ainda, finalmente, muda-se o local para despejar-se o efluente em um outro curso de água com maior possibilidade de diluição ou capacidade de auto-depuração. No entanto, duvidamos muito que no nosso País se cheque a condições tão extremas, pelo menos nas pequenas e médias cidades. De qualquer maneira, consideramos obrigatória a análise do curso d'água receptor, com medições de máximos, médios e mínimos volumes, e em que época do ano ocorrem, medição de D.B.O., N.M.P. em coliformes, sólidos em suspensão, turbidez, cor, etc.. Se possível, aconselhamos, também, algumas determinações, usando-se esgotos sintéticos, da capacidade de auto-depuração do curso d'água e determinações de ponto de déficit crítico através da curva de depressão de oxigênio. Sobre este assunto, ver o trabalho do Prof. Azevedo Netto, apresentado em 1954, no Seminário de Engenharia Sanitária, em Caracas (Ref. 10). Assim, tendo-se definido o local, o D.B.O. do influente e o grau de remoção desejado, fácil se torna estabelecer o tipo de lagoa e área requerida pela fórmula.

C

$$A = \frac{C}{T}$$

A = área em hectares;

C = carga total de projeto em Kg de D.B.O. (5.^o dia — 20.^o C) por Ha/dia.

T = Taxa admissível em Kg. de D.B.O./Ha/dia.

Exemplo: uma cidade de 3.000 habitantes onde não foi possível fazer-se testes da D.B.O.

Dados:

População de projeto: 5.000

Produção de D.B.O. 0,12/hab./dia.

Grau de tratamento requerido: não há; o córrego escolhido para receptor tem um grande volume diluidor e não será usado imediatamente à jusante da descarga. Quer-se apenas preservá-lo de maior população.

Consumo de água: 150 l/hab./dia.

Temos, então:

$$\text{Área} = \frac{\text{carga}}{\text{taxa}}$$

$$\text{Carga} = 5.000 \times 0,12 = 600 \text{ Kg D.B.O.}$$

Taxa = usaremos uma lagoa primária 50 Kg DBO/hab/dia.

$$A = \frac{600}{50} = 12 \text{ Ha.}$$

Tempo de detenção

Tomaremos o coeficiente $K = 1,25$ da hora máxima do dia médio, e também tomaremos um nível operacional médio, porque, se nas estações secas o consumo de água é maior, a precipitação - consideravelmente menor; observando-se o inverso nas estações chuvosas. São fatores de compensação.

Só demoradas observações locais poderão permitir maior precisão na determinação do tempo de detenção, o que não cabe neste exemplo.

Assim, temos:

$$\begin{aligned} &\text{Volume dos esgotos (150 — 20\%)} \\ & \times 1,25 \times 5.000 = 750.000 \text{ l/dia} = \\ & 750 \text{ m}^3/\text{dia} = Q. \end{aligned}$$

Volume da lagoa: Tomaremos como profundidade média de cálculo, $d = 1 \text{ m.}$, portanto:

$$t = \frac{\text{vol}}{Q} = 160 \text{ dias.}$$

Como vemos, a área encontrada é considerável, sem ser excessiva, e o tempo de detenção é razoável.

Com uma remoção mínima esperada de 80%, teremos um DBO final de 120 Kg por dia, ou sejam 107 ppm de DBO, considerando-se, para efeito de exemplo, o volume de efluente igual ao de influente. Isto é, precipitação = infiltração + evaporação, na equação dos volumes.

Esse valor da D.B.O. em miligramas por litro é consideravelmente menor que os máximos permissíveis, normalmente, para os cursos d'água receptores. (Ref. 10, pág. 60).

Vejamos, então, algumas medidas de ordem complementar que devem ser consideradas no projeto e construção das lagoas de oxidação.

a) Profundidade: Como dissemos anteriormente, a profundidade está na dependência de fatores externos tais como: temperatura, insolação, precipitação, etc.. Na falta de maior experiência local, poderemos tomar como limites mínimo e máximo, respectivamente, 0,80 e 1,60 m.

Recentes experiências na África (Rodezias) têm demonstrado remoções de DBO de 80 a 95% em lagoas primárias, 170 Kg/Ha/dia), trabalhando as lagoas com nível operacional de 1,50 m. (Ref. 12).

b) Diques: são geralmente construídos em terra compactada, devendo ser, tanto quanto possível, impermeáveis. Recomendamos as declividades das rampas externas e internas, com mínimos de 1:2 e 1:3, respectivamente, vertical e horizontal.

A declividade mais suave da rampa interna destina-se a permitir o melhor trabalho e circulação de homens e máquinas de manutenção, além de diminuir a ação erosiva das ondas.

As rampas, especialmente a interna, deverão ser cobertas com algum material protetor contra a erosão: grama, brita, asfalto, concreto, conforme o dinheiro disponível. A cobertura com grama é a mais barata, e bastante eficiente, desde que seja cortada periodicamente a fim de evitar o desenvolvimento de mosquitos, ratos d'água e outros animais indesejáveis.

A crista dos diques deverá ter, pelo menos, 2,50 m de largura, permitindo a

passagem de veículos de manutenção e de carros e caminhões.

c) Fundo: o fundo da lagoa deverá ser nivelado e deve-se retirar, durante a construção, qualquer espécie de vegetal que exista na área.

O recobrimento ou não com uma camada de barro, depende dos estudos de impermeabilização efetuados na área da lagoa e nas suas adjacências. Geralmente a grande colmatação que se obtém é suficiente para eliminar a necessidade de recobrimento, a não ser que se deseje recuperar o efluente para efeito de irrigação. Na Califórnia, EEUU, onde os problemas de obtenção de água são seríssimos, observamos lagoas secundárias inteiramente impermeabilizadas, utilizando-se o efluente para irrigação de algodoais e laranjais.

d) Estrutura do influente: deverá ser afastada das margens, êsse afastamento dependendo, naturalmente, do tamanho da lagoa.

Se o influente é aduzido por gravidade, a tubulação poderá ser suspensa em pilastras, acima do nível máximo operacional, com uma curva de 90.º dirigida para baixo, na extremidade (Fig. 1).

Em condutos forçados, a linha de recalque deverá vir sob o fundo da lagoa, com a curva de 90.º dirigida para cima.

Em ambos os casos, o esgoto influente deverá jorrar em uma plataforma de proteção de 3m x 3m, em concreto ciclópico. Essa plataforma é necessária contra a ação erosiva no fundo da lagoa, causada pela turbulência da descarga líquida.

e) Estrutura do efluente: várias formas e tipos podem ser usados desde que seja possibilitada a variação dos níveis de operação. É **condição indispensável** a uma flexibilidade que pode constituir em fator predominante da manutenção e boa operação das lagoas.

Na figura 1, sugerimos um tipo de estrutura usando-se comportas em diferentes níveis. É a que consideramos mais econômica.

f) Cêrcas: toda lagoa deverá ser cercada de modo a impedir a entrada de animais domésticos ou silvestres, e mesmo de crianças e adultos indesejá-

veis. Em pastagens, as cercas devem ser construídas à meia encosta do dique interno, e inclinadas para impedir que bois ou vacas pulem para dentro. Deverão ter, também, esteios suficientemente fortes e capazes de resistir ao movimento do gado, roçando-se nêles.

As cêrcas devem ser providas de dois portões — entrada e saída — suficientemente largos, para permitir a passagem de caminhões.

g) Medidores de vazão: não são absolutamente necessários, são recomendáveis, no Brasil, País onde a experiência em lagoas de estabilização é muito pequena. Justificamos a adoção de dois medidores — influente e efluente — porque a infiltração na lagoa não é constante, variando com a operação, e a única maneira de medi-la adequadamente é condicioná-la como incôgnita da equação de volumes.

h) By — pass: ainda não temos, ao nosso ver, um termo elegante em Português que traduza perfeitamente a expressão "by-pass", por esta única razão usamos a palavra inglesa (talvez passagem lateral?). É um fator de segurança, destinado a atender à ocorrências excepcionais fora de controle. As estações convencionais de tratamento de esgoto bem projetadas têm um "by-pass".

Êsses são os dados complementares de projeto que consideramos importante citar.

Vejamos, agora, alguns aspectos da operação, ou manutenção das lagoas.

São mínimos, quase inexistentes, se comparados com os processos convencionais.

Damos, aqui, algumas sugestões para a operação das lagoas de estabilização.

a) Cortar a grama das rampas, não permitindo altura maiores que 10 cm.

b) Não permitir o crescimento de qualquer vegetação, seja cortando-a, seja aumentando o nível d'água.

c) Se houver aparecimento de alga verde-azulada (blue-green-algae), associada a materiais flutuantes, cortá-las com a revolução da hélice de um motor de pópa. Manter sempre um hote com êsse tipo de motor para manuten-

ção da estrutura do influente e corte dessas algas.

d) Aumentar a espessura da lâmina d'água (nível operacional) nos meses muito secos e ensolarados e diminuir nas estações chuvosas, através de controle adequado na estrutura efluente.

e) Manter em bom estado as tubulações, comportas e medidores, através de limpeza periódica.

f) Conservar em bom estado a cêrcua protetora.

g) Noticiar imediatamente o aparecimento de maus odores ou de mosquitos.

Observadas essas precauções, as lagoas de estabilização oferecerão resultados surpreendentes, frequentemente superiores aos esperados.

No que se segue, tentaremos provar a necessidade de serem incrementados os estudos sobre este tipo de tratamento de esgotos, no nosso País, e a enorme significação sanitária e econômica que ele terá em futuro bem próximo.

CAPÍTULO V

Conclusões:

O tratamento de esgotos, atualmente, constitui um dos pontos básicos dos programas de saúde pública, em todos os Países desenvolvidos do mundo. Há muito, nesses países, foi destruído o errôneo conceito de que qualquer água pode ser tratada com os modernos métodos de purificação. Há um limite de poluição acima do qual as águas dos rios e córregos se tornam imprestáveis. Nem a sua capacidade de auto-depuração, nem o mais completo tratamento de suas águas podem torná-los aptos a servir como fontes de abastecimento para as cidades, vilas e aldeias.

No Brasil, quase um continente, com uma população inferior à sua capacidade territorial, o problema tem sido negligenciado. Muitas vezes temos ouvido, mesmo entre sanitaristas, o axioma simplificador: "nós ainda não temos água, porque pensar em tratamento de esgotos".

Exatamente por não termos pensado em tratamento de esgotos, estamos nos debruçando com vários problemas em

nossas grandes cidades. O Tamanduaí, é um "esgôto a céu aberto", o Tietê, o Canal do Mangue, o Guaíba, o Rio das Velhas, o Piracicaba, o Paraíba, o Capiaribe, o Rio das Tripas, etc., constituem atualmente sérios problemas de poluição. Não se pensou em proteger esses cursos d'água, dos esgotos e dos despejos industriais, provenientes das grandes cidades que atravessam.

O que está acontecendo com essas grandes cidades, também sucederá nas pequenas e médias. Somos um dos povos de maior crescimento demográfico no mundo, e o adensamento das populações provocará fatalmente, nessas cidades, os mesmos problemas que agora existem nas outras.

Porque então só fechar as portas depois do roubo?

Não queremos propor lagoas de estabilização para as áreas metropolitanas de São Paulo, do Rio, do Recife, Porto Alegre, Belo Horizonte ou Salvador — ou ainda Brasília — porque o preço da terra seria proibitivo.

No entanto, cidades pequenas e médias podem usá-las com grande proveito e economia.

As condições climáticas do nosso País são inteiramente favoráveis ao uso das lagoas: grande insolação, ausência quase completa de neve e congelamento das superfícies líquidas, terras ainda baratas na periferia de grande parte das cidades, etc.

Propositadamente, não nos referimos neste trabalho à atuação das lagoas no tratamento de resíduos industriais. Inicialmente, porque consideramos que uma boa política legislativa de proteção aos cursos d'água deveria obrigar as indústrias e despejar os seus resíduos nas condições requeridas para cada rio ou córrego receptor. Segundo, porque ainda não temos nas nossas pequenas e médias cidades, resíduos industriais em quantidade suficiente para interferir na qualidade do esgôto doméstico. No entanto, as lagoas de estabilização podem tratar esses resíduos desde que não haja um agente químico tóxico às algas.

Um outro aspecto importantíssimo do aproveitamento das lagoas é a retirada das algas para forragem de ani-

mais, e no futuro — por que não? — na alimentação humana. As algas são dos alimentos mais ricos que temos notícias (proteína — sais minerais e vitaminas) e seu conveniente aproveitamento, através de processos de secagem, trituração, filtração, pode vir a constituir-se em grande auxílio à agricultura convencional, proporcionando um alimento praticamente completo por um preço baratíssimo. O Prof. W. J. Oswald, da Califórnia (Ref. 13) iniciou alguns estudos de alto interesse, sobre o assunto.

Os dados para projeto, e as especificações que fornecemos, foram baseados em estudos da literatura americana, e em observações por nós feita nos EEUU, as quais procuramos adaptar ao nosso País.

Este trabalho visa principalmente despertar na mente dos nossos engenheiros sanitaristas a atenção para o problema do tratamento dos esgotos e a ação preponderante que as lagoas de estabilização podem desempenhar nesta matéria.

As lagoas de estabilização se constituem, fora de qualquer dúvida, no melhor processo de tratamento de água residuais, para cidades de 10.000 habitantes ou menos. Poderão constituir-se no mais indicado também para cidades maiores.

Taxas de D.B.O. de 50 Kg/dia, conforme indicamos para as lagoas primárias, poderão ser aumentadas substancialmente, a depender de ensaios de laboratório, e principalmente de campo, nas nossas cidades, vilas e aldeias.

Tentamos estabelecer nesse trabalho — julgamos tê-lo feito — algumas bases para o uso das lagoas de estabilização como um método de tratamento de esgotos. No entanto, necessitamos ainda de muitos ensaios estudos e pesquisas. O campo é novo e vasto, e tôdas as portas estão abertas.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1 — Waste Stabilization Lagoons — Desing, Construction and Operation Practices Among Missouri Basin States. Comittes Report Approved by the Missouri Basin Engineering Health Council, January 21/1/1960. Reproduced by Department of H.E.W. U.S. P.H.S.
- 2 — Sewage Sstabilization Ponds in the Dakotas — Volume I. North and South Dakota Department of Health — Dep. of H.E.W. — U.S. P.H.S.
- 3 — Raw Sewage Lagoons — A boon to small Municipality — *Glen J. Hopkins and Joe Neel* — Water and Sewage Woiks — June, 30, 1957 pg. R-269.
- 4 — Sewage Oxidation Ponds — *V. M. Ehlers and Dick Whittington* — Texas State Department of Health ingenieria Sanitaria — ano 9 — Vol. 3. Outubro 1953 — pág. 27.
- 5 — Informaciones sôbre lagunas de Oxidacion de Águas Negras — *Pedro J. Caballero* — Ingenieria Sanitaria. Ano 10 n.º 2 — Outubro 1956. Pag. 99.
- 6 — The Desing of Oxidation Ponds — *Edward R. Hermann and Ernest F. Gloyne* — Ingenieria Sanitaria Janeiro 1956. pg. 39.
- 7 — "Eskimó algae making lagoons work at the artic Circle — *I. A. Anderegg, C. F. Walters, D. Hilliard, N. T. Miers.* Artic Health Research Center USPHS. Anchorage, Alaska. Wates Engineering June 1960. pg. 42.
- 8 — Municipal Sewage Lagoons — *Donald E. French.* Water and Sewage Works June, 15/1/1956 — pg. 261.
- 9 — Anaerobic — aerobic Pond Study Bequins — Industrial Research Division USPHS — Water E. Sewage works. Abril 1960.
- 10 — Sistemas e Esgotos e Puluição dos cursos d'Água — *José Martiniano de Azevedo Netto* — Boletim do DAE. São Paulo — N.º 25 — Julho 1954 — pg. 35.
- 11 — Notícias sôbre Resultados da Operação de Lagoas de Oxidação em São José dos Campos, São Paulo — Eng. *C. L. Philiporesky* — Fundação S.E.S.P.
- 12 — Sewage Stabilization Ponds in Africa — *Williamson, Arthur, E. B. P. U. S.* — ICA — Ed.
- 13 — The Comming Industry of Controled Photosynthesis — *Oswald, William I.Ph.D.* — University of California, Berkeley.

OUTRAS FONTES

Lagoon Sistem of Sewage Desposal — *Pat Tomson* — Water and Sewage Works — Setemember 15 — 1953 pg. R.313.

Sewage Treatment by Raw Sewage Stabilization Pond. *W. Towne and W. H. Davis* — *Robert A. Taft* Sanitary Engineering Center — USPHS.

The Use Oxidation Ponds in Sewage Treatment — Texas State Department of Health — Division of Sanitary — *D. F. Smallhorst, B. N. Walton and Jack Myers.*

Experimental Lagooning of Raw Sewage — *Joe K. Neel and Glen J. Hopkins.*

Sewage and Industrial Wates. Vol. 28 — n.º 11 — Nov. 1956.

- Raw Sewage Lagoons in the Midwest — *Joe K. Neel and Glen J. Hopkins* — Water Supply and Water Pollution Control Program — Department of H.E.W. USPHS. Region VI — Kansas City — Mo.
- Waste Stabilization Ponds — *W. W. Towe, A. F. Bartsch, W. H. Davis, Q. B. Graves* — Robert A. Taft — Sanitary Engineering Center — Department of H.E.W. — USPHS — 1956.
- Several Features of Algal Growth in Sewage Oxidation Ponds. *N. B. Allen* State water Pollution Control Board — Publication n.º 13 — Sacramento — California.
- Studies of Photosynthetic Oxigenation — *W. J. Oswald and R. J. Hec* — State Water Pollution Control — Publication n.º 8 — Sacramento — California.
- Sewage Oxidation Ponds — *George W. Marx* — *Ingieria Sanitaria* Vol. 7 n.º 1/53.
- Algal Simbioses in Oxidation Ponds. *W. J. Oswald, W. H. F. Ludwig, H. B. Gotaas and Victoria Linch*. Sewage and Industrial Wastes: Jan. 53. Vol. 25 n.º 1 pg. 26.
- "Sewage Oxidation Ponds-Performance Operation and Desing" by *D. H. Caldwell*, Sewage Works Journal May 1946 Vol. XVIII n.º 3.
- "Land Disposal of Sewage and Industrial Wastes" by *R. Stone* Sewage and Industrial wastes Vol. 25 N.º 4, p. 406 abril, 1953.
- Bacterial Studies in Oxidation of Phenolic Wastes' by *G. E. Lynn and T. J. Powers*, Sewage and Industrial Wastes, Vol. 27 N.º 1 p. 61 — Jan. 1955.
- "Algae Research on Oxidation Ponds" by *C. E. Renn* American Journal Public Health, Vol. 44 p 631 May 1954.
- "Algae in waste Treatment" by *W. J. Oswald, H. B. Gotaas, C. G. Golueke and W. R. Kellen*, Sewage and Industrial Wastes, Vol. 27 n.º 4 p. 437 April 1957.
- "Stabilization Ponds" by *E R. Herman and E. F. Gloyna*, Sewage and Industrial Wastes, Vol. 30 n.º 4, 5 e 6 April, May and June 1959.
- "Performance of Large Sewage Lagoons at Melbourne, Australia" by *Parker, Jones and Green*. Sewage and Industrial Wastes, Feb. 1959 Vol. 31 N.º 2 p. 133.
- "Oxidation Ponds Chapter XIII of Manual for Sewage Plant Operations" by Texas Water and Sewage Works Association 1955 Edition (Second).
- Waste Stabilization Basins for a Desert Sewage Treatment Plant" by *Ralph Stone*, Civil Engineering p. 42, March 1960.
- "Control of Blue Green Algae Blooms with Dichloronaphthoquinone" by *Fitzgerald and Skoog*, Sewage and Industrial Waste Vol. 26 N.º 9. Sept. 1954, p. 1136.
- The cause for Sewage Lagoons, Public Works. June 1954 p. 153 by *W. Van Heuvelen*.
- Caderno de anotações ao autor em observações de campo nos EEUU.
- Entrevistas com *Willian Oswald, Glen Hopkins, Joe Neel, J. Parker, David Smallhorst*, durante o "I Shymposium of Stabilization Lagoons" realizado de 1.º a 7 de agosto de 1960, em Kansas City, U. S. A.