

ESTUDO DAS CONDIÇÕES SANITÁRIAS DA REPRÊSA BILLINGS

Samuel Murgel BRANCO (1)

RESUMO

A Reprêsa Billings, cobrindo uma área de 127 milhões de metros quadrados e situada em São Paulo, a uma altitude de 746,5 m foi construída com o propósito de gerar energia hidroelétrica e é preenchida com águas altamente poluídas, que recebem «in natura» os esgotos da cidade. Nos pontos localizados nas proximidades (até 1.000 m) da barragem de recalque, as condições são permanentemente sépticas, verificando-se, entretanto, uma apreciável capacidade de auto-depuração que promove a sua recuperação, já, na primeira quarta parte de sua extensão. A reprêsa foi estudada sob dois aspectos: 1) Visando a utilização de alguns de seus braços para abastecimento público, mediante isolamento através de barragem; 2) Visando a utilização de sua capacidade depuradora, para estabilização final de esgotos submetidos a tratamento primário. A capacidade estabilizadora da reprêsa parece ser devida, principalmente, à atividade fotossintética de algas (principalmente *Microcystis aeruginosa*) que proliferam em abundância, nas suas águas. A introdução de esgotos «in natura», entretanto, retarda essa estabilização, que poderia ser antecipada e muito mais eficiente se fôsse removida antes, a maior parte de seu material sedimentável. São sugeridas novas pesquisas, visando determinar a produção de oxigênio pelo fitoplâncton pelo método dos frascos claros e escuros, comparado com o método de concentração de clorofila e estudos das correntezas, visando determinar a distribuição do oxigênio no interior da massa d'água. É sugerido, ainda, o estudo da influência dos lodos e das algas nas concentrações de DBO.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Objetivos

O objetivo principal do presente estudo, não é apenas o de dar a conhecer o estado sanitário da Reprêsa Billings, visando a utilização de suas águas para fins de abastecimento ou recreacionais.

Trabalho da Cadeira de Parasitologia Aplicada e Higiene Rural (Prof. José de Oliveira Coutinho) da Faculdade de Higiene e Saúde Pública da USP e do Departamento de Águas e Esgotos do Estado de São Paulo.

(1) Assistente da Cadeira de Parasitologia Aplicada e Higiene Rural.

Podemos dar como estabelecido, a priori, que, pelo menos ao longo de seu eixo principal, e também nos ramos mais próximos à barragem de Pedreira, aquelas águas não se prestam nem a uma nem a outra dessas finalidades, nas condições atuais. Quanto aos ramos mais distantes do ponto de lançamento dos resíduos — como o rio Grande, por exemplo — estes mesmos não estão isentos de algumas das influências nocivas da poluição, podendo ser beneficiados, entretanto, pela construção de barragens que os isolem do corpo central da reprêsa. Esse objetivo parece ter constituído; entretanto, a primeira razão de ser do levantamento que

foi realizado pelo D.A.E., em 1963. E fôsse qual fôsse o motivo, aquela realização — particularmente naquele ano de seca — foi providencial, pois tivemos ocasião de apreciar a deterioração completa das condições então existentes, durante a própria pesquisa, que iniciou-se em março, com 77% do volume total de águas, até setembro, quando a represa achava-se praticamente esgotada, passando a manter a água, características sépticas desde a barragem de Pedreira até o «Summit Control», na sua outra extremidade.

O principal interesse, pois, do presente estudo, está no que êle poderá fornecer de subsídio ao conhecimento do potencial estabilizador, que é representado por aquela represa, como medida das cargas poluidoras que poderá receber no futuro. De acôrdo com relatório de Hazen¹³, prestado à Organização Pan-Americana da Saúde em dezembro de 1963, aquêlê lago se acha de maneira inapelável (assim como todo o sistema Tietê-Pinheiros) destinado a receber e consumir os resíduos da cidade de São Paulo. Diz êle: «A preservação do reservatório Billings para fins recreacionais não é citada como razão para o tratamento de esgotos porque enquanto o nível d'água fôr reduzido de alguns metros, periódicamente, em virtude da produção de energia elétrica, o lago não poderá ser útil a essa finalidade»; e «Em vista d'esses fatos, o autor sugere um reexame do programa de disposição das águas residuárias tendo em vista: 1) A diversão de uma parcela substancial da carga de esgotos das cidades do ABC e do setor leste de São Paulo, dos rios Tietê e Pinheiros para o reservatório Billings. Isto poderá ser realizado...». Diante dessas circunstâncias, pareceu-nos desde o início imprescindível a obtenção de dados que nos permitissem uma estimativa da capacidade potencial depuradora a fim de ter uma idéia sobre as cargas de DBO a que se poderia submeter aquela represa.

Em face dos dados obtidos em 1963 foi-nos permitido concluir que a capacidade estabilizadora da Represa Billings

repousa, essencialmente, na produção fotossintética de oxigênio por microrganismos clorofilados que a habitam em grande número. O grau de recuperação das águas que se verifica nas primeiras porções daquele lago levou-nos, mesmo, à suspeita de ser êsse o fator estabilizador preponderante sobre a reeração atmosférica que, segundo se sabe, mantém-se com valores muito baixos em lagos, onde há pequena movimentação da água. Sugerimos pois, em 1965, quando se cogitou da obtenção de novos dados sobre a poluição da represa, a realização de experiências visando determinar aproximadamente, a quantidade de oxigênio produzida por aquêles microrganismos em diferentes pontos da represa e em diferentes condições de insolação. Entendemos, assim, como sendo os seguintes os principais objetivos do presente estudo: a) reconhecer a intensidade com que se dá, atualmente, a auto-depuração das águas da represa (levando em conta as cargas de DBO que atualmente recebem); b) determinar, na medida do possível, a sua capacidade potencial estabilizadora, ou seja, quais as cargas que a represa poderá vir a suportar no futuro sem que haja total extinção de seu oxigênio dissolvido.*

Êsses dois objetivos pretendemos atingi-los parcialmente, através dos dados que obtivemos em 1963 e em 1965. Dizemos parcialmente porque o estudo da capacidade potencial depuradora, exigiria algumas pesquisas de campo e de laboratório, além das que efetuamos, e para cuja realização não dispomos de recursos e equipamento. Os próprios dados que obtivemos foram conseguidos em condições muito precárias. Entretanto, esperamos que os resultados obtidos sirvam, em certa medida, como dados primários para a compreensão dos fenômenos de auto-depuração e avaliação grosseira do que se poderá esperar da Represa Billings. Depois disso, se fôr julgado conveniente, poder-se-á proceder a um estudo mais objetivo — desde que se disponha dos mí-

(*) No presente trabalho, abordamos apenas o primeiro d'esses dois aspectos, reservando o segundo para estudo futuro.

nimos recursos necessários — visando estabelecer com maior rigor, o valor daquilo que denominamos capacidade potencial estabilizadora da reprêsa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Métodos de coleta, análises, dificuldades encontradas.

O primeiro levantamento das condições químico-biológico-sanitárias da Reprêsa Billings foi iniciado a 5 de março de 1963, por iniciativa da Divisão de Planejamento e Obras e Divisão de Tratamento, do Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo. Era intenção desse Departamento verificar o grau de poluição existente na reprêsa e a possibilidade de vir a ser, a sua reserva de água, utilizada no futuro, para reforço do abastecimento de São Paulo. Foram incluídas, no programa de estudos, análises tais como: Temperatura, pH, sólidos totais, resíduo mineral total, matéria volátil, sólidos dissolvidos, sólidos suspensos, oxigênio dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, cor, turbidez, dureza, nitrogênio amoniacal, nitrogênio albuminoide, nitrogênio nitroso, nitrogênio nítrico, oxigênio consumido, alcalinidade ao metil-oranjo, alcalinidade à fenolftaleína, ferro, número mais provável de coliformes, identificação de patogênicos, vírus, identificação e contagem de algas, identificação de fungos relacionados com a poluição. Amostras para essas análises seriam colhidas sistematicamente de 15 em 15 dias, em 7 pontos ao longo da reprêsa e a pesquisa teria a duração de um ano no mínimo; entretanto, com o abaixamento progressivo e desusado do nível da água verificado naquele ano, já em agosto fomos obrigados a abandonar alguns dos pontos de coleta e, depois de 30 de setembro não mais foi possível percorrer a reprêsa, por não haver nível de água suficiente para movimentação do barco. Quanto às determinações químicas e biológicas, podemos afirmar que, com exceção das relativas a vírus e enterobactérias patogênicas, todas as demais foram satisfatória-

mente realizadas, na medida permitida pelas condições existentes.

Em cada um dos pontos de coleta foi fixada uma bóia (tambor de óleo pintado a pixe, de 200 litros, fixo a uma âncora de cimento, por meio de uma corrente) como ponto de referência bem como para fixação de dispositivos de coleta que serão descritos a seguir. As amostras químicas e bacteriológicas eram colhidas segundo as técnicas convencionais, descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e no Limnological Methods, êste de autoria de Welch. Amostras de profundidade eram colhidas com auxílio de um cilindro de Kemmerer; utilizamos, ainda, de rédes de plâncton, bem como dos seguintes dispositivos idealizados especificamente para aquelas circunstâncias: a) Para coleta de algas, utilizávamos-nos de um chumaço de estôpa, previamente lavado com detergentes a fim de remover substâncias oleosas que o impediam de afundar, e fixados às bóias por intermédio de um fio de nylon, que o mantinha a cerca de 40 cm de profundidade. Essa estôpa permanecia ali, durante 15 dias e, então, após ser substituída por outra nova, era encaminhada ao laboratório onde era comprimida e lavada em água limpa, a qual era examinada ao microscópio. b) Para a coleta de fungos idealizamos — e a própria equipe os confeccionou — pequenos sacos de tela de nylon, nos quais eram colocadas as «iscas» usuais para fungos: maçãs verdes, frutos de roseira, sementes de cânhamo, etc., e uma bola de ping-pong que fazia com que o conjunto flutuasse, preso à bóia por um cordão de nylon. Quinzenalmente, êsses saquinhos eram recolhidos, para exame microscópico de seu conteúdo e imediatamente substituídos por novos, contendo novas «iscas». Ao chegarem ao laboratório, as «iscas» contaminadas eram colocadas em grandes frascos com água, ao lado de «iscas» novas, bem como semeadas as colônias de fungos em meios de cultura específicos. As análises químicas, físicas, bacteriológicas e hidrobiológicas

foram realizadas de acordo com os métodos padrões usuais para águas e esgotos.

Inúmeras dificuldades foram encontradas na realização desse trabalho. Não contando com barco próprio, tivemos que recorrer a barcos emprestados. Os primeiros que conseguimos eram muito pequenos e, ao enfrentar as grandes ondas existentes no largo da represa, em dias de vento, ofereciam mínima segurança, além de nos proporcionar verdadeiros e completos banhos de águas contaminadas. Finalmente, após as primeiras experiências, conseguimos, para esse fim, uma excelente lancha da Companhia Ligth. Contudo, o maior dano físico que resultou da falta de recursos com que contávamos foram algumas infecções micóticas renitentes consequentes do contato com águas altamente contaminadas da represa. Outras dificuldades encontradas relacionaram-se com a falta de viaturas para transporte do material até a represa e amostras desta ao laboratório, bem como ainda, a falta de recursos materiais, de toda sorte, necessários à realização dos próprios trabalhos de laboratório.

A segunda etapa do trabalho de levantamento, realizada de 12 de julho a 13 de setembro de 1965, constituiu apenas uma tentativa de confirmação dos resultados anteriores, além de obtenção de dados com mais alto nível de água na represa (85% da capacidade total) e de elementos sobre a produção de oxigênio pelos microrganismos fotossintetizantes. Estes últimos foram pesquisados através do sistema de frascos claros e escuros utilizado em medidas de produtividade em estudos oceanográficos.* As determinações realizadas sistematicamente foram em menor número, compreendendo apenas 18 determinações físico-químicas, além da determinação do número mais provável de coliformes. Contagens de algas somente foram realizadas nas amostras coletadas para estudos de produção de oxigênio.

(*) A discussão dos dados obtidos nestas determinações, reservamos para próximo trabalho.

2.2. Os pontos de coleta.

A Represa Billings, com uma capacidade máxima de 1 bilhão e duzentos milhões de metros cúbicos e cobrindo uma área de 127 milhões de metros quadrados, situada a uma cota de 746,50 m, possui um contorno muito irregular, o que lhe dá um perímetro de quase 900 km. Foi construída há cerca de 40 anos como parte de um sistema regularizador para produção de energia elétrica que, através do recalque das águas do rio Tietê e Pinheiros, permitiria uma vazão contínua de cerca de 90 m³/seg. que seriam encaminhadas através do «Summit Control», para a Represa do Rio das Pedras e daí para Cubatão, em uma queda vertical de 740 m. Para esse fim foi, a antiga usina de Santana do Parnaíba (hoje Edgard de Souza) transformada em sistema de recalque; as águas do rio Tietê, assim represadas, são conduzidas, através do canal do rio Pinheiros, por um sistema que compreende mais duas barragens de recalque: Traição e Pedreira. Ora, recebendo os rios Tietê e Pinheiros, uma carga de resíduos correspondente a uma área industrial de mais de 5.000.000 de habitantes (São Paulo e municípios adjacentes) e, sendo, praticamente todo o volume desses rios conduzido, através do mencionado sistema de recalques, à Represa Billings, é fácil compreender-se que um elevado grau de poluição podia ser, de antemão, previsto para aquelas águas.* A barragem de Pedreira represa, por sua vez, o rio Pinheiros, também chamado Rio Grande ou ainda rio Jurubatuba, cujas nascentes se acham localizadas no município de Paranapiacaba e que contribui com uma vazão média estimada em cerca de 15 metros cúbicos por segundo, vazão essa que pode elevar-se bastante nas épocas torrenciais. Esse rio recebia vários afluentes, principalmente pela sua

(*) Essa poluição foi bastante intensificada nos últimos 15 anos, pela elevação da barragem de Edgard de Souza e ausência da diluição que era proporcionada pela reversão de águas limpas da Represa do Guarapiranga que passaram a destinar-se, cada vez mais, ao abastecimento público.

margem esquerda. Hoje, estando a bacia represada, podemos considerar o lago como constituído de um corpo central, tendo como uma de suas extremidades, a barragem de Pedreira e no outro extremo a barragem do «Summit Control», através da qual passam as águas em direção a uma represa menor, reguladora de vazão, denominada Represa do Rio das Pedras, situada na crista da Serra do Mar, de onde lança suas águas por condutos fechados para as usinas de Cubatão. Por conseguinte, o sentido da movimentação das águas, no corpo central da Represa Billings, é o inverso do originalmente existente no rio Pinheiros. Esse corpo central recebe, pois, pela sua margem direita, os antigos afluentes da margem esquerda do Pinheiros que, na ordem em que se dispõem, são os seguintes: Bororé, Taquacetuba, Pedra Branca e Capivari. Quanto ao Rio Pequeno e a parte superior do próprio Rio Grande, estes passam a ser os principais afluentes da margem esquerda da Represa Billings.

Os locais onde eram realizadas as coletas periódicas de amostras, podem ser assim descritos (Fig. 1):

- Ponto 1 — A 1.000 metros da barragem de Pedreira.
- Ponto 2 — Na confluência com o rio Bororé.
- Ponto 3 — Na confluência com o rio Taquacetuba.
- Ponto 3A — No alto rio Taquacetuba (eventual).
- Ponto 4 — Na confluência com o rio Pedra Branca.
- Ponto 5 — Na confluência com o rio Grande.
- Ponto 5A — No alto rio Grande.
- Ponto 6 — Na confluência com o rio Capivari.
- Ponto 6A — No alto rio Pequeno (eventual).
- Ponto 7 — No «Summit Control» (eventual).

Os pontos em que eram efetuadas coletas sistemáticas eram os de n.º 1, 2,

3, 4, 5, 5A e 6. Nos pontos 3A, 6A e 7 sòmente foram colhidas amostras eventuais. Não sendo possível colher tôdas as amostras de cada um dêsses 7 pontos principais em um só dia, faziamos a coleta dos pontos 1, 2, 3 e 4, partindo com a lancha da barragem de Pedreira, em um dia, enquanto que os pontos 5, 5A e 6 eram colhidos em um dia correspondente, da semana seguinte, partindo-se, então, da barragem do «Summit Control». Na fase desenvolvida em 1965, sendo menor o número de amostras em cada ponto, pudemos realizar a tomada nos 6 pontos em um só dia.

2.3. Objetivos dos diversos dados pesquisados.

Dados físicos e químicos, tais como pH, resíduos, cor e turbidez, dureza total, alcalinidade e ferro são dados que interessam à qualidade de águas para abastecimento. Mais diretamente relacionados com a poluição e com a avaliação da auto-depuração são: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos, as várias formas de compostos de nitrogênio, número mais provável de coliformes e dados hidrobiológicos. Os dados sòbre as formas presentes de compostos de nitrogênio são de grande importância por serem, estes, fertilizantes responsáveis pela presença de microrganismos fotossintetizantes. Com êsse respeito, interessariam, também dados sòbre a concentração de fosfatos, que, entretanto, não puderam ser obtidos por falta de equipamento de laboratório conveniente. Considerando-se, entretanto, o fato de que segundo trabalhos de Sawyer^{26 27}, Lackey & Sawyer¹⁶ e também de Gerloff & Skoog^{10 11}, os microrganismos fotossintetizantes exigem sempre, uma quantidade de nitratos muitas vêzes maior que a de

fosfatos, numa proporção $\frac{N}{P} = \frac{30}{1}$ e

de que, por outro lado, essa relação nos esgotos (que constituem praticamente a única fonte dêsses sais, na Represa Billings) é muito menor ($\frac{N}{P}$ da ordem de

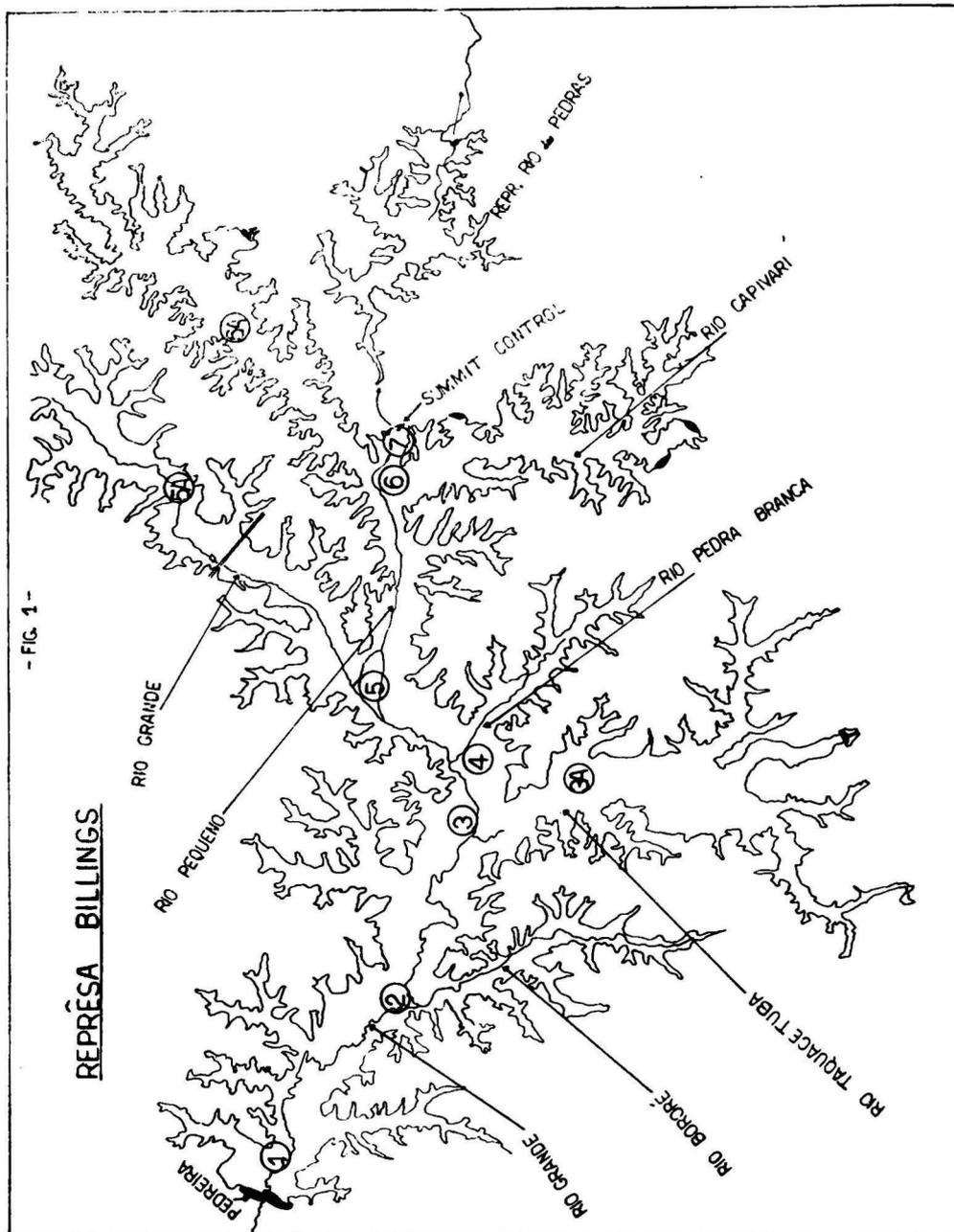


Fig. 1 — Localização dos pontos de amostragem.

$\frac{8}{1}$) podemos deduzir que, uma vez que

haja nitrogênio em quantidade suficiente para promover o crescimento de fotossintetizantes, a quantidade de fósforo presente será mais que suficiente, não constituindo em geral fator limitante; ou melhor, o nitrogênio será o principal fator limitante nessas águas. Por conseguinte, embora fosse muito desejável fazer-se determinações de fosfatos na Reprêsa Billings, inclusive com a finalidade de comprovar a afirmação acima, parece não constituir, a sua ausência, um fator que prejudique seriamente as conclusões decorrentes dos dados que possuímos. Bem mais lamentável é a ausência de determinações quantitativas de nitrogênio nitroso, tanto pela avaliação da concentração total de nitrogênio, em suas várias formas, como por constituir êle um elo importante na cadeia de transformações químicas a que estão sujeitos, na água, os compostos de nitrogênio procedentes dos despejos.

Quanto aos dados biológicos temos a determinação do número mais provável de coliformes, como principal índice da presença e quantidade de matéria de origem doméstica existente numa coleção de água em estudo. O uso de testes confirmados (a confirmação do exame presuntivo era feita sempre em meios de: bile-verde brilhante e, eventualmente, eosina-azul de metileno) permite-nos, com segurança, afastar a hipótese de organismos não coliformes. Quando se trata de uma água que receba efluentes ou despejos de fonte desconhecida, pode permanecer uma dúvida quanto à origem fecal ou não do material putrescível neles presente, uma vez que microrganismos tais como o *Aerobacter aerogenes*, presentes invariavelmente em matéria fecal, podem também, reproduzir-se na água ou no solo, mantendo-se, assim, presentes em uma água que não recebe resíduos domésticos. Nestes casos de dúvida, é sempre aconselhável recorrer-se a uma das técnicas que permitam a distinção entre os vários componentes do grupo coliforme (IMViC,

caldo lactosado-ácido bórico, caldo de McConkey a 44°C, etc.). No presente caso, tais precauções seriam dispensáveis, por razões óbvias. Assim mesmo, várias investigações foram levadas a efeito, utilizando os métodos de IMViC e McConkey. Determinações relativas à presença de vírus intestinais e enterobactérias patogênicas teriam sido de grande utilidade e chegaram, mesmo, a ser programadas, mas não puderam ser levadas a efeito, por falta de material. Especialmente os estudos relativos aos enterovirus, na reprêsa, poderiam ser de grande interesse, principalmente em vista dos dados que se tem a respeito da grande resistência destes às condições ambientes, levando-se em conta que essas águas recebem, indiretamente, despejos provenientes de hospitais e instituições que lidam com moléstias causadas por vírus (Hospital das Clínicas, Instituto Adolpho Lutz, etc.), tais como: poliomielite, hepatite infecciosa, etc. Por outro lado, sabe-se que águas provenientes da Reprêsa Billings, através do Rio das Pedras e sistema da Light, vêm a ser utilizadas, em Cubatão, para abastecimento da cidade de Santos.

Determinações relativas a algas e microrganismos flagelados tiveram como principais finalidades: a) Verificar em que medida êsses organismos podem ser úteis como indicadores de poluição; b) Verificar quais os prejuízos que podem decorrer da sua presença em grande número, na Reprêsa Billings; c) Verificar em que medida são úteis à depuração das águas daquela reprêsa.

Finalmente, foram realizadas, na oportunidade da primeira fase dêsse levantamento, pesquisas sobre a presença de fungos, que poderiam ser utilizados como eventuais — e muito preciosos — indicadores de poluição. Êsses estudos, de difícil e mesmo arriscada realização (uma vez que nesse grupo existem alguns seres de alta patogenicidade) foram levados a efeito com bastante sucesso, principalmente tendo-se em vista o fato de constituir esta a primeira tentativa no país e uma das raríssimas tentativas em todo o mundo.

TABELA I

Media nos 7 pontos principais
Volume médio de água = 53% da capacidade total

Pontos de Coleta	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 5A	Ponto 6
Temperatura do ar (°C)	23	22	22	22	22	22	21
Temperatura da água (°C)	23	22	21	22	21	21	21
pH (potencial Hidrogeniônico)	7,1	7,2	7,3	7,2	7,0	7,4	7,1
Sólidos totais (mg/l)	207	178	175	170	165	168	168
Resíduo mineral total (mg/l)	126	110	95	99	109	103	102
Material volátil total (mg/l)	72	68	71	71	56	68	66
Sólidos dissolvidos (mg/l)	141	149	153	145	150	136	141
Sólidos em suspensão (mg/l)	36	25	19	26	10	22	21
Oxigênio dissolvido a 30 cm de profundidade (mg/l)	0,2	1,0	4,0	3,6	3,0	7,5	2,2
Oxigênio dissolvido a 5 m de profundidade (mg/l)	—	0,8	2,5	2,7	2,5	6,0	2,9
Demanda bioquímica de oxigênio 5 dias (mg/l)	15,3	6,0	7,0	8,0	6,0	5,5	6,0
Côr (unidades de côr)	146	99	79	65	56	43	55
Turbidez (unidades Jackson)	38,5	22,9	20,1	12,0	15,3	10,5	17,0
Dureza total (em mg/l de CaCO ₃)	56	47	42	42	46	57	42
Cloro dos cloretos (mg/l)	32,6	29,6	26,9	25,7	28,0	34,6	25,9
Nitrogênio amoniacal (mg/l)	4,80	7,80	2,80	2,90	1,50	0,26	2,17
Nitrogênio albuminoide (mg/l)	0,96	0,60	0,60	0,57	0,40	0,38	0,55
Nitrogênio nítrico (mg/l)	0,17	0,13	0,26	0,18	0,34	0,09	0,26
Oxigênio consumido (mg/l)	13,8	10,5	10,1	9,1	8,4	6,3	8,3
Alcalinidade ao Metil Orange (mg/l de CaCO ₃)	77	67	53	56	50	41	53
Alcalinidade à Fenolftaleína (mg/l de CaCO ₃)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,178	1,045	0,036
Ferro (mg/l de Fe)	1,50	0,70	0,60	1,40	0,48	0,44	0,47
N.M.P. (Número mais provável de coliformes — por 100 ml)	10.600.000	501.800	18.000	32.000	28.000	19.000	29.000
Algas (número de organismos/ml)	1.500	15.000	22.500	31.000	6.000	4.500	8.800

3. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados médios químicos e biológicos, obtidos nas várias datas, em cada um dos pontos de coleta acham-se representados na Tabela I. Aí são incluídos dados quantitativos referentes à bacteriologia e hidrobiologia. Quanto às espécies de microrganismos encontradas naquelas águas, podemos citar, entre os mais frequentes, as cianofíceas: *Microcystis aeruginosa* e *Anabaena spiroides*, além de diatomáceas do gênero *Nitzschia* predominando ao longo de toda a Represa Billings. Destas, a primeira é a que se apresenta em maior número, persistindo durante todo o ano, originando o fenômeno denominado «floração das águas», que se caracteriza pela formação de massas ou grumos visíveis a olho nú, os quais flutuam, em certas épocas em tão grande quantidade a ponto de dar à água superficial o aspecto de «sopa de ervilhas», tanto pela consistência como pela cor, porém, com intenso odor séptico. Desmidiáceas do gênero *Staurastrum* podem aparecer em grande número até mesmo predominar, no braço da represa correspondente ao Rio Grande. Com referência aos fungos aquáticos, foram isoladas várias espécies, nas áreas de maior poluição, ou seja, no Ponto 1 (*Blastocladia globosa*, *Blastocladia sp. I*, *Blastocladia sp. II*, *Gonapodya prolifera* e *G. brachynema*); no Ponto 2 (*Blastocladia globosa*, *Blastocladia sp.*, *B. incrasata*, *B. pringsheimii*, *Gonapodya prolifera* e *G. brachynema*). Os poucos fungos encontrados (e com pouca frequência) nas zonas de águas mais limpas, pertencem a espécies e gêneros bem distintos dos anteriores: no Ponto 5 (*Zoopagus insidians*, *Achlya sp.*, *Dictyuchus sp.*, *Pythium sp.*) e no Ponto 5A (*Achlya sp.*).

3.1. A aspecto Geral da Represa.

Na época em que foram iniciados os trabalhos de tomada de amostras, a Represa Billings apresentava-se cheia a quase 80% de sua capacidade total. Assim mesmo, já nessa época a água denunciava condições sépticas até às proximida-

des do Acampamento dos Engenheiros, situado mais ou menos entre os pontos 1 e 2. Podia-se observar, de uma elevação nesse local, que a zona séptica, denunciada pela ausência total de ondas (como se houvesse óleo na superfície) não apresentava um limite regular, mas sim, avançava introduzindo-se pela zona mais límpida, em «pontas de lança», às vezes bastante alongadas, o que levava a crer na existência de correntes superficiais, paralelas ao eixo principal do reservatório. Dessa maneira, se cortássemos a represa segundo uma linha transversal, na localidade indicada, atravessaríamos zonas de águas escuras, mal cheirosas e sem ondas e zonas de águas mais transparentes, com muitas ondas e sem cheiro. Pela própria «esteira» deixada pela lancha em movimento, podia-se distinguir uma de outra zona: a esteira formada pelas águas com oxigênio dissolvido, era uma esteira esbranquiçada, espumante, enquanto que, o rastro deixado nas zonas sépticas era constituído por uma ligeira ondulação, de ondas muito longas e baixas, de superfície lisa, escura e espelhada. As análises químicas destas últimas revelaram sempre ausência de oxigênio dissolvido.

A partir do Ponto 2 a superfície da água apresentava-se coalhada de flocos verdes constituídos por algas do gênero *Microcystis* ou *Microcystis* e *Anabaena*. Inicialmente, não havia grande concentração destas na lâmina superficial da água, mas eram observados êsses grumos coloridos, em suspensão, até onde a vista alcançava, no interior da massa líquida. Em algumas circunstâncias, sob ação dos raios solares, essa turbidez verde parecia acentuar-se, como consequência do efeito Tyndall, que permitia ver, também, a olho nú, os grumos de menor diâmetro (inclusive microscópicos). À medida que se progredia, entretanto, em direção ao extremo oposto da represa, observávamos a tendência cada vez maior dessas algas formarem grumos mais volumosos, além de concentrarem-se mais à superfície. Tais gêneros de algas, ao envelhecerem, formam, no interior de suas células pseudo-

vacúolos, ou pequenas «bôlhas» gasosas, que as tornam menos densas em relação à água, o que provoca a sua flutuação. Uma vez flutuantes, encontram-se sob a direta ação dos ventos, que as desloca, em grandes massas, de maneira a formarem «manchas» móveis, cobrindo áreas de dezenas de metros no centro da represa, aproximando-se de uma das margens. Nas enseadas que se opõem ao sentido dessas correntes de vento, tais massas de algas, estacionam definitivamente, aumentando sempre de concentração, decompondo-se e constituindo a «sôpa de ervilhas» já referida, com intenso mau cheiro. Nesses locais morrem peixes, algumas vezes, às centenas, como pudemos observar em uma enseada localizada nas proximidades do Ponto 6. A morte dessas algas ocasiona a liberação na água de um pigmento azul — a *ficocianina* — que, ao contrário da clorofila, não se decompõe por ação do meio, e passa a tingir as margens da represa, podendo-se observar, em alguns locais, barrancos de terra ou barragens de cimento, com listas azuis denunciadoras dos períodos de maior densidade de algas, durante o processo de abaixamento do nível das águas.

Esse aspecto das águas — transparentes, pontilhadas de minúsculos aglomerados verdes em suspensão — prevalecia na maior parte da represa, com exceção das zonas sépticas, já mencionadas, e do braço constituído pelo Rio Grande, a montante da Via Anchieta. A barragem parcial que sustenta a estrada e a ponte, logo a jusante da Estação de recalque de águas para os municípios do ABC, constitui um apreciável obstáculo à condução dessas algas pelo vento, modificando-se sensivelmente, algumas vezes, o aspecto morfológico e biológico das águas, em apenas algumas dezenas de metros ao cruzarmos a ponte em demanda das cabeceiras do Rio Grande. As águas, no Ponto 5A, situado a cerca de 2 km a montante da ponte, são geralmente bem mais cristalinas que em todo o restante da represa e, em algumas épocas de mais baixo nível, quando se faz sentir, realmente, um pouco da correnteza própria do Rio Grande, a flora

nesse local apresenta-se completamente diferente da existente no restante do lago. Êsses aspectos serão, entretanto, melhor discutidos em outros capítulos do presente relato.

À medida que foi progredindo a sêca, e o nível da represa foi baixando, foram-se estendendo os «tentáculos» ou «pontas de lança» da zona séptica. Assim é que, a partir de junho de 1963 (quando a represa se achava com 52% de seu volume de águas) já não encontramos praticamente mais oxigênio dissolvido no Ponto 2 e, a partir de setembro do mesmo ano (até fevereiro do ano seguinte) o oxigênio dissolvido só era encontrado, raramente, em alguns locais de grande concentração de algas, não existindo, entretanto, no Ponto 7 (no «Summit Control») e, portanto, presumivelmente, em nenhum dos outros pontos, com exceção do n.º 5A, cujas águas se achavam, então, represadas por uma barragem provisória construída sob a ponte da Via Anchieta.

Com o secamento progressivo, o leito da represa foi assumindo um aspecto desolador. Inicialmente, o afloramento de grande número de troncos de árvores (principalmente velhas palmeiras submersas) que ainda se escondem, normalmente, sob a superfície líquida, principiou a oferecer perigo aos barcos. A partir de julho, a nossa incursão pelo Rio Grande, em demanda do ponto 5A tornou-se uma temeridade, apesar da grande destreza e prudência demonstrada pelo piloto da «Light». Em fins de agosto, êsse ponto tornou-se inacessível. Pouco a pouco, o solo constituído pelo leito sêco da represa foi-se transformando. Inicialmente árido, povoado apenas de troncos e galharias retorcidas de velhas árvores, passou a ser ocupado por uma vegetação abundante, característica de leitos sêcos, constituída principalmente por arbustos de várias espécies da conhecida «herva de bicho» (*Polygonum spp.*), além de várias plantas rasteiras (ciperáceas, etc.). Nessa época, o Rio Grande, assim como o Rio Pequeno e outros, ficaram reduzidos aos seus leitos originais (de sêca) com águas cristalinas e muito piscosas. O canal

principal da represa, porém, — pelo contrário — passou a ser constituído por um rio de águas negras e mal cheirosas, em toda sua extensão.

3.2. Discussão dos dados químicos e físicos.

3.2.1. Oxigênio dissolvido.

A concentração de oxigênio dissolvido, durante o período de estudo, sofreu as seguintes variações (em mg/litro): Ponto 1, na superfície, máximo: 1,5 e mínimo: 0,0; a 5 metros de profundidade, máximo: 1,1 e mínimo: 0,0 — Ponto 2, na superfície, máximo: 5,0 e mínimo: 0,0; a 5 m de profundidade, máximo: 3,5 e mínimo: 0,0 — Ponto 3, na superfície, máximo: 6,1 e mínimo: 1,9; a 5 m de profundidade, máximo: 4,5 e mínimo: 0,4 — Ponto 4, na superfície, máximo: 6,2 e mínimo: 1,2; a 5 m de profundidade, máximo: 4,2 e mínimo: 1,4 — Ponto 5, na superfície, máximo: 7,6 e mínimo: 0,0; a 5 m de profundidade, máximo: 5,2 e mínimo: 0,3 — Ponto 5A, na superfície, máximo: 10,1 e mínimo: 5,1; a 5 m de profundidade, máximo: 9,2 e mínimo: 2,5 — Ponto 6, na superfície, máximo: 8,5 e mínimo: 0,1; a 5 m de profundidade, máximo: 8,9 e mínimo: 0,4.

Entretanto, tendo em vista as variações de solubilidade do oxigênio (como de outros gases) na água às diferentes temperaturas, preferimos nos reportar aos valores de O.D. em porcentos de saturação, como figuram nas Tabelas II e III.

De fato, algumas diferenças de certa significação podem ser observadas quando comparamos os dados absolutos e os dados em relação ao valor de saturação, de alguns dos pontos de coleta em diferentes datas: o ponto denominado 5A, em 20 de março de 1963 acusava um valor de 104,9% de saturação (portanto uma supersaturação de 5% aproximadamente) e, em 12 de agosto do mesmo ano, 95,0% (portanto um deficit de saturação de 5%). Entretanto, na primeira data, o valor absoluto do O.D. era de apenas 3,6 ppm., contra 9,5 ppm. no segundo caso.

Estariamos laborando em erro, pois, se considerássemos a água do ponto 5A em 20 de março em piores condições relativas ao oxigênio que em 12 de agosto, uma vez que à temperatura de 27°C ela não pode reter, de maneira permanente, mais que 8,1 ppm. Diferenças sensíveis podem, ainda, ser observadas em outros casos, como por exemplo, no ponto 3, nas datas de 25 de março e 5 de agosto, e no ponto 5, nas datas de 3 de abril e 12 de agosto de 1963.

Três fenômenos saltam à vista, quando consideramos os dados relativos ao oxigênio dissolvido:

a) Aumento progressivo do oxigênio dissolvido, nos diferentes pontos sucessivos de amostragem. — À medida que nos afastamos da barragem de Pedreira — onde entram as águas poluídas — em demanda do extremo oposto da represa, observamos, como era de se esperar, os efeitos de uma auto-depuração e, portanto, estabilização da matéria orgânica recebida pelo lago. Alguns desses dados, entretanto, merecem mais detida consideração, sob pena de nos parecerem contraditórios. Assim é que, frequentemente, a quantidade relativa de oxigênio encontrada nas águas do ponto n.º 3 é superior à quantidade presente no ponto 4, na mesma data. Isso será facilmente explicável pela presença de maior número de algas que via de regra se verifica no primeiro desses dois pontos, enriquecendo as águas da superfície e, eventualmente, do fundo também. Entretanto, quando o número de algas se torna excessivo, o efeito produzido pelas mesmas é o oposto: acumulam-se em grandes massas na superfície, entram em decomposição, consumindo oxigênio do meio. Isso parece ter ocorrido, por exemplo, no ponto 4 em 13 de maio de 1963 e, provavelmente, no ponto 3 em 30 de abril do mesmo ano. Esses efeitos são ainda mais marcantes — e menos significativos — na camada de 10 cm, junto à superfície da água onde se acumula a maior parte das algas vivas ou mortas. Para evitar esse efeito, foram as tomadas superficiais realizadas a 30 cm

TABELA II

Oxigênio dissolvido

Data	Volume de água	(% de saturação)									
		1	2	3	4	5	5A	6	6A	7	
5/3/63	76%	18,3	54,9	67,0	76,5	67,9	103,7	88,6			
7/3/63	77%						104,9				
20/3/63	78%	0,0	3,6	33,7							
25/3/63	78%	0,0	6,2								
27/3/63	77%										
3/4/63	74%	0,0	3,6	52,9		21,4	74,1	56,0	110,0		
17/4/63	72%										
22/4/63	68%	0,0	9,5	42,9	48,8	56,0	77,0	67,8			
30/4/63	66%										
6/5/63	63%	3,4	4,5	67,8	23,0	22,2	68,9	22,2			
13/5/63	61%										
20/5/63	58%	0,0	2,2	47,2	53,4	38,9	74,4	35,5			
27/5/63	54%										
3/6/63	52%	0,0	0,0	66,3	62,2	44,6	80,8	26,3			54,3
10/6/63	50%										
17/6/63	40%	0,0	0,0	20,0	18,9	23,4		33,3	92,6		55,3
8/7/63	38%										
15/7/63	34%	—	—	—	—	0,0	106,3	9,5			19,0
22/7/63	32%										
29/7/63	29%										
5/8/63	26%	0,0	2,0	26,8	12,0	22,1	54,3	25,3			
12/8/63	24%										
19/8/63	20%	0,0	0,0	28,9	29,3	17,2	95,0	11,0			
26/8/63	17%	—	—	—	—	28,4	—	1,0			
2/9/63	65%	6,6	55,5	60,0	—	84,4	—	94,4			
30/8/65				22,1							
13/9/65											

TABELA III

Oxigênio dissolvido — comparação entre os dados de superfície e fundo

Ponto 5			
Data	% O ₂ dissolvido		Nº de algas
	0,3 m	5,0 m	
20/3/63	67,9	26,4	
3/4/63	21,4	42,8	360
22/4/63	56,0	58,8	12.000
6/5/63	22,2	18,5	8.000
20/5/63	38,9	8,7	3.000
3/6/63	44,6	43,5	12.000
17/6/63	23,4	24,2	
15/7/63	0,0	4,2	2.000
29/7/63	22,1	54,7	8.000
12/8/63	17,2	24,5	1.300
26/8/63	28,4	29,9	11.500
30/8/65	84,4	3,2	

Ponto 5A			
Data	% O ₂ dissolvido		Nº de algas
	0,3 m	5,0 m	
7/3/63	103,7	77,4	
20/3/63	104,9	42,7	8.400
3/4/63	74,1	29,4	2.400
22/4/63	77,0	67,0	4.300
6/5/63	68,9	73,3	3.500
20/5/63	74,4	68,7	1.300
3/6/63	80,8	72,3	3.300
17/6/63			5.500
15/7/63	106,3	94,8	5.700
29/7/63	54,3	82,1	3.700
12/8/63	95,0		6.800

Ponto 6			
Data	% O ₂ dissolvido		Nº de algas
	0,3 m	5,0 m	
7/3/63	88,6	44,4	
3/4/63	56,0	38,1	17.500
22/4/63	67,8	51,1	5.200
6/5/63	22,2	28,3	10.000
20/5/63	35,5	31,1	7.500
3/6/63	26,3	20,8	4.100
17/6/63	33,3	39,4	
15/7/63	9,5	7,4	30.000
29/7/63	25,3	91,8	1.700
12/8/63	11,0	18,0	1.000
26/8/63	1,0	4,2	2.000
30/8/65	94,4	4,3	

de profundidade. Assim mesmo, as variações encontradas devem ser tomadas como pouco significativas em relação à qualidade real das águas nesses pontos, uma vez que, como já ficou dito, essas massas de algas constituem «manchas» localizadas, que se deslocam ao sabor dos ventos. A extensão e a localização dessas manchas deveriam constituir objeto de futuras pesquisas visando estabelecer o seu real significado com relação às características da reprêsa. Por outro lado, os dados referentes a coliformes e também demanda bioquímica de oxigênio e outros, parecem indicar, algumas vezes, introdução de despejos provavelmente de origem doméstica, nos pontos 4 e 6, diretamente ou através dos rios afluentes nesses pontos.

Outro fenômeno que deverá no futuro ser objeto de nossas atenções, é o da circulação das águas sob efeito dos ventos. Efetivamente, não existe — pelo que nos foi dado observar — uma verdadeira estratificação térmica da reprêsa. O gradiente térmico e a profundidade do lago são insuficientes para garantir qualquer estabilidade de estratificação, que, nessas condições, não resiste a ventos mesmo de pequena intensidade. Contudo, encontramos, em algumas ocasiões, quantidades de oxigênio, no fundo (a 5 m de profundidade), superiores às encontradas na superfície, no mesmo ponto de coleta. Tal fato não deve ser confundido com um verdadeiro fenômeno de estratificação, mas sim, como significativo da própria circulação total da água, por efeito dos ventos. Com efeito, em uma verdadeira estratificação, encontramos frequentemente quantidades maiores de oxigênio no fundo do que na superfície; mas isso somente ocorre quando consideramos as quantidades de oxigênio em seus valores absolutos, e não em porcentagem do seu valor de saturação, uma vez que a causa da retenção do oxigênio nas camadas inferiores é a sua maior solubilidade às baixas temperaturas reinantes no fundo de um lago estratificado. Mas a mais alta **porcentagem de saturação de oxigênio** em uma região profunda somente pode

significar a presença de circulação total (equivalente a ausência total de estratificação), em que, por efeito dos ventos, a água do fundo (menos rica em oxigênio) foi substituída temporariamente pela de superfície e vice-versa. Porcentagem de saturação de oxigênio mais alta no fundo (5 m) que na superfície, já se observa, esporadicamente, no ponto n.º 2 (27 de março, com 13,6% e 6,2% respectivamente; 17 de abril, com 11,9% e 3,6%) quando o número de algas oscilava entre 19.000 e 20.000 organismos por mililitro de água, em dias de intensa luminosidade (note-se a temperatura do ar, que foi de 29° e 24°C respectivamente). Idêntico fato ocorreu, também, raramente, nos pontos 3 e 4. Com bem maior frequência, porém, esse fenômeno pôde ser constatado nos pontos de menor turbidez e cor das águas, onde os efeitos da fotossíntese se fazem sentir com muito maior intensidade a despeito, às vezes, do menor número de algas presentes. Nos pontos n.º 2 e 3, a cor média é da ordem de 90 e a turbidez 22 (no ponto 1 a primeira é maior que 150 e a turbidez 38), enquanto que nos pontos n.ºs 5, 5A e 6 a cor é da ordem de 50 e a turbidez oscila em redor de 15. Para um estudo mais perfeito sobre essas correlações, seriam necessárias medidas locais de intensidade luminosa, contagens de algas ou determinações da concentração de pigmentos fotossintetizantes às diferentes profundidades, bem como ensaios de laboratório visando estabelecer a curva de razão de fotossíntese das mesmas algas em diferentes condições de temperatura e luminosidade.

b) Redução progressiva da porcentagem de saturação de oxigênio, em um mesmo ponto de amostragem, à medida que se reduz o volume de água no reservatório. — À medida que progrediram os efeitos da estiagem excepcional, do ano de 1963, observou-se, em cada um dos pontos, o decréscimo sistemático da quantidade de oxigênio dissolvido. Aqui também encontramos aparentes exceções à regra, para cuja explicação recorreremos a dois fatores: ausência de homogenei-

dade na mistura da água poluída que é recalçada em Pedreira, com a água já em detenção na reprêsa (muito sensível, principalmente nos pontos 1 e 2); ausência de homogeneidade na distribuição das algas, como já foi mencionado.

No ponto n.º 1 a ausência de oxigênio dissolvido é quase uma constante. Quase se pode dizer o mesmo, com relação ao ponto 2, que se situa a cerca de 6 km da barragem de Pedreira. Entretanto, entre os pontos 2 e 3 a água passa por sensíveis alterações em sua composição, de maneira que, junto à confluência com o rio Bororé, a presença de níveis relativamente elevados de oxigênio é quase sistemática, pelo menos quando a reprêsa conta com mais de 50% de seu volume de água. Não se pode afirmar que, desse ponto em diante, as águas se apresentem com características satisfatórias, mas indicam, de qualquer forma, um forte potencial recuperador da reprêsa. Segundo a bibliografia europeia¹⁵ 57% de saturação constitui um limiar de segurança para a vida de peixes, embora existam peixes que consigam sobreviver com apenas 30%. Nas próprias águas da Reprêsa Billings pequenos peixes ciprinodontídeos («guarus» ou «barrigudinhos») vivem constantemente nos pontos mais poluídos — junto à barragem de Pedreira, ou nos próprios rios Tietê e Pinheiros — respirando oxigênio da lâmina superficial. A sobrevivência da prole desses peixes, entretanto, acha-se assegurada pelo fato de serem, os ciprinodontídeos, peixes vivíparos, pois de outra forma, o desenvolvimento de seus ovos seria prejudicado pela falta de oxigênio para respiração. Como vemos, os valores limites variam bastante, de acordo com a espécie de peixe que se considera. Por outro lado, vários fatores podem modificar sensivelmente esses valores. Dêstes, o principal é a temperatura. Sabe-se que os peixes, sendo animais de temperatura variável, têm suas atividades orgânicas sensivelmente aumentadas, com a elevação de temperatura, passando, concomitantemente, a exigir maiores quantidades

de oxigênio dissolvido. Esse efeito da temperatura é, ainda, agravado, pelo fato de se tornar, o oxigênio, cada vez menos solúvel, com o aquecimento da água (esse último fato não é levado em conta, quando os limites são estabelecidos em percentos de saturação). Assim é que, determinada variedade de trutas, que, às temperaturas de 14,5 - 17,0°C exigem de 37 a 58% de saturação de oxigênio, passaram a contentar-se com apenas 25% quando a 4,5°C¹⁴. Possivelmente, peixes adaptados a climas tropicais ou sub-tropicais, consomem menos oxigênio que os peixes de climas temperados, às altas temperaturas (por isso conseguem sobreviver, enquanto que as trutas e salmões perecem). De acordo com nossas observações (que, carecem, contudo, de um caráter sistemático) quantidades de oxigênio não muito inferiores a 40% de saturação não afetam a vida de peixes na Reprêsa Billings. Assim mesmo, em vista dos dados presentes, teríamos mortes ocasionais de peixes em todos os pontos situados no eixo da Reprêsa Billings — o que realmente nos foi dado observar — e condições de perfeita sobrevivência nas ramificações da reprêsa (pelo menos no Rio Grande). Estudos futuros deveriam incluir a determinação do teor de oxigênio em vários pontos das seções da reprêsa, nos pontos referidos, a fim de melhor evidenciar a real distribuição do oxigênio na massa d'água.

c) Influência da fotossíntese, no teor de oxigênio e na recuperação das águas da Reprêsa Billings. — Esse assunto constituirá objeto de uma segunda etapa do presente estudo. Entretanto, devemos apontar, já aqui, algumas evidências do papel dos microrganismos fotossintetizantes na manutenção da qualidade das águas. Em algumas datas, principalmente nas águas do ponto n.º 5A, encontramos teores de oxigênio superiores ao valor de saturação para aquelas temperaturas. Esse fato, por si só indica ser a oxigenação da massa d'água realizada não somente por reaeração atmosférica como, também, através da produção de oxigênio

por atividade fotossintetizante de algas. Outros fatos, já apontados neste capítulo, concorrem para essa mesma conclusão. Quanto aos valores, ou ao real significado que isso pode ter para a estabilização dos despejos na represa, isso será objeto das futuras considerações já referidas.

Poucos foram, infelizmente, os dados aproveitáveis sobre oxigênio dissolvido, no segundo período desse levantamento, ou seja, julho e agosto de 1965, quando a represa contava com até 85% de seu volume de água. Falhas na técnica de amostragem bem como a falta de tomada de temperatura, tornaram suspeitos os dados referentes a oxigênio, nos dias 12 e 26 de julho e 16 de agosto, razão por que preferimos omiti-los.

3.2.2. Demanda bioquímica de oxigênio.

A demanda bioquímica de oxigênio variou, durante o período de pesquisa, nas seguintes proporções (5 dias e em mg/litro): Ponto 1, máximo: 27,2 e mínimo 7,0; Ponto 2, máximo: 9,8 e mínimo: 3,3; Ponto 3, máximo: 11,4 e mínimo: 2,8; Ponto 4, máximo: 18,0 e mínimo: 3,1; Ponto 5, máximo: 13,0 e mínimo: 2,9; Ponto 5A, máximo: 11,5 e mínimo: 2,7; Ponto 6, máximo: 7,1 e mínimo: 3,5.

A DBO constitui um dos mais úteis e sensíveis testes que nos permitem avaliar o grau de poluição orgânica de uma água, especialmente tratando-se de matéria orgânica nitrogenada¹⁵. Embora não seja (como tem sido freqüentemente considerado) um fator que, pela sua simples presença, mesmo em grau elevado, determine a rejeição da água para fins de abastecimento, constitui êle, na maior parte dos casos, um indicador seguro das condições ecológicas reinantes em um manancial ou em águas receptoras, como já mencionamos em trabalho anterior³. Entretanto, é preciso que se tenha em mente, sempre, as principais limitações a que está sujeito, assim como aos erros possíveis — e alguns inevitáveis — em sua determinação. Entre outras, podemos citar as seguintes limitações:

a) Podemos encontrar valores excessivamente altos de DBO, em águas onde ocorre intenso fenômeno de nitrificação. Com efeito, a transformação de nitrogênio amoniacal em nitrogênio nitroso e nítrico, por atividade das nitrobactérias, em águas muito ricas em produtos de decomposição de compostos orgânicos nitrogenados, consome quantidades relativamente altas de oxigênio, sendo necessário, nestes casos, inibir as bactérias relacionadas com o ciclo do nitrogênio sem prejuízo, entretanto, das demais. A mistura de efluentes de lodos ativados (muito ricos em amônia) com efluentes de filtros biológicos (muito ricos em nitrobactérias) pode originar, nas águas que recebem ambos os tipos de despejos, problemas desse tipo.

b) Substâncias tóxicas, metais pesados (entre estes, o cobre, em concentrações tão baixas como 0,01 ppm.) podem inibir o crescimento de bactérias, produzindo resultado oposto ao mencionado acima, isto é, valores de DBO inferiores ao que se poderia esperar.

c) Amostras de águas em que predominam atividades anaeróbias podem, ao ser incubadas, consumir algum tempo (2 a 3 dias) necessário à mudança do tipo de fermentação (de anaeróbia para aeróbia). Isto dá origem a uma «lag-fase» de 2 ou 3 dias, que condiciona a obtenção de valores de DBO sensivelmente reduzidos.

d) Duas interferências opostas podem ser produzidas pela atividade de microrganismos fotossintetizantes, em amostras tomadas para determinação de DBO. Se a amostra fôr, posteriormente, conservada ou transportada em ambiente iluminado, êsses microrganismos produzirão oxigênio, de modo a reduzir o valor final da DBO. Se, pelo contrário — o que é muito mais frequente — as amostras forem conduzidas ao laboratório e incubadas em ambiente escuro, haverá um consumo extra de oxigênio por respiração dêstes microrganismos. Êsse consumo extra será muito mais elevado, ainda, se

os microrganismos em questão morrerem, sendo consumidos, como matéria orgânica que são, pelas bactérias presentes. Neste último caso, o consumo extra de oxigênio corresponderá a uma verdadeira DBO; porém, no caso em que os organismos fotossintetizantes permanecem vivos, consumindo oxigênio por respiração, teremos, na verdade, uma falsa DBO, uma vez que não corresponde a uma real estabilização da matéria orgânica introduzida com os despejos e sim, uma oxidação de «matéria viva» que não interfere na qualidade sanitária da água, e que foi sintetizada por atividade dos próprios microrganismos. Segundo trabalho de Wisniewski³⁰, não há uma diferença sensível entre o consumo de oxigênio por algas vivas ou pela decomposição de algas mortas, quando consideramos a demanda bioquímica final, ou seja, a estabilização total da amostra, mas existe grande predomínio do segundo sobre o primeiro quando consideramos a demanda em um dado instante ou em certo espaço de tempo (por exemplo, 5 dias). Isto parece significar que a respiração das algas é um processo muito mais lento que a decomposição por atividade bacteriana. No caso em apreço, em que há contínua remoção de matéria orgânica e considerando-se a DBO como dado ecológico, interessam-nos muito mais essas relações em um dado instante, uma vez que são essas variações a curto prazo que podem, em um determinado ponto do manancial, causar, por exemplo, a morte de peixes. Se tivermos em mente, porém, a capacidade estabilizadora da represa, de modo a fornecer água em melhores condições às praias santistas, ou mesmo ao abastecimento daquela municipalidade, podemos, então, fazer uso dos dados relativos à estabilização final. A remoção das algas, da amostra, seja por filtração, seja por decantação, conduz a resultados errôneos, de DBO, uma vez que, concomitantemente, são removidas outras partículas sólidas orgânicas do meio. Wisniewski³⁰, refere-se a experiências que consistiam em adicionar algas de culturas puras (*Chlorella variegata*) a amostras de águas po-

luídas. Foi verificado, por esse processo, que a contribuição em DBO era da ordem de 0,2 ppm para cada milhão de células. Considerando-se que, amostras de águas da Billings podem conter até 100 milhões de células por litro, mas tendo em vista, por outro lado, que as células de *Microcystis* (que predominam neste lago) possuem um volume (incluindo a gelatina que as circunda) cerca de 4 ou 5 vezes menor que os de *Chlorella*, poderíamos concluir, muito grosseiramente, que o fator algas pode ser responsável, em algumas circunstâncias, por acréscimos da ordem de 4 a 5 mg por litro de DBO, quando vivas, ou maiores ainda quando mortas.

Na maior parte dos casos observa-se, na Represa Billings, uma redução progressiva dos valores de DBO, à medida que nos afastamos da barragem de Pedreira. Em alguns casos, porém, há variações nessa sequência. Assim é que, em várias ocasiões, verificaram-se elevações desse valor nos pontos situados além do rio Bororé. Essas elevações poderão ser explicadas, até certo ponto, pela presença de algas, sempre em maior número nos pontos 3 e 4 do que nos pontos 1 e 2. Diferenças devidas à presença de algas mortas ou vivas complicam um pouco o quadro, algumas vezes. Entretanto, parece concordar com a hipótese de serem os acréscimos, no ponto 3 em relação ao ponto 2, devidos a algas — na maior parte das vezes vivas — o fato de, sistematicamente, verificar-se uma abrupta elevação do teor de oxigênio dissolvido entre esses dois pontos. De outra maneira, difícil seria explicarmos uma elevação simultânea da DBO e da quantidade de oxigênio dissolvido, em um mesmo ponto. Os dados referentes à concentração de oxigênio no fundo (a 5 metros) revelam, por outro lado, que essa influência não se restringe muito à superfície da água, indicando uma provável e importante ação dos ventos como agentes de circulação da massa líquida. Medidas de DBO e de oxigênio dissolvido em várias profundidades seriam aconselháveis em futuras pesquisas, visando confir-

mar a hipótese formulada. O ponto 5, por exemplo, situado na confluência com o braço do Rio Grande, além de sofrer a influência das águas próprias do Rio Grande — influência que se faz sentir nas épocas de baixo nível da represa — está sujeito ainda, a uma quase contínua ação dos ventos, uma vez que se trata de uma das maiores secções de toda a represa. Graças à agitação e circulação promovida por esses fatores, suas características apresentam-se, em geral, bem mais uniformes que as do ponto 6, de secção muito mais estreita e protegida da ação dos ventos e que, além disso, parece receber pequena contribuição em despejos procedentes de uma pequena comunidade local.

Os dados relativos a diferentes datas em um mesmo ponto estão sujeitos, também, aos mesmos tipos de interferência. No ponto 1, por exemplo, como já fizemos referência anteriormente, não há uniformidade na distribuição do material que é introduzido através da barragem. Pode-se observar, ali, uma nítida tendência à elevação progressiva dos valores de DBO à medida que diminui o volume de águas na represa, mas essa elevação não se dá, aparentemente, de maneira uniforme, seja pela distribuição heterogênea dos materiais poluidores, seja, ainda, por causa das variações das cargas de DBO que são lançadas através do sistema Tietê-Pinheiros, variações estas que ficaram bem patentes no trabalho realizado para o Departamento de Águas e Esgotos por Rodrigues²⁵.

3.2.3. Nitrogênio.

Foram observadas as seguintes variações de concentração das várias formas de nitrogênio (em mg/litro): a) Nitrogênio amoniacal: Ponto 1, máximo: 10,00 e mínimo: 1,67; Ponto 2, máximo: 10,00 e mínimo: 1,00; Ponto 3, máximo: 10,00 e mínimo: 0,12; Ponto 4, máximo: 10,00 e mínimo: 0,056; Ponto 5, máximo: 5,00 e mínimo: 0,07; Ponto 5A, máximo: 1,00 e mínimo: 0,03; Ponto 6, máximo:

5,00 e mínimo: 0,04. b) Nitrogênio albuminoide: Ponto 1, máximo: 5,00 e mínimo: 0,13; Ponto 2, máximo: 1,00 e mínimo: 0,17; Ponto 3, máximo: 0,77 e mínimo: 0,175; Ponto 4, máximo: 0,83 e mínimo: 0,14; Ponto 5, máximo: 2,00 e mínimo: 0,31; Ponto 5A, máximo: 0,48 e mínimo: 0,21; Ponto 6, máximo: 1,25 e mínimo: 0,24. c) Nitrogênio nítrico: Ponto 1, máximo: 1,435 e mínimo: 0,05; Ponto 2, máximo: 0,38 e mínimo: 0,05; Ponto 3, máximo: 0,98 e mínimo: 0,045; Ponto 4, máximo: 0,60 e mínimo: 0,06; Ponto 5, máximo: 1,52 e mínimo: 0,04; Ponto 5A, máximo: 0,15 e mínimo: 0,03; Ponto 6, máximo: 1,37 e mínimo: 0,04.

Os dados sobre nitrogênio — em suas várias formas — devem ser considerados sob 2 aspectos importantes: como indicadores do grau de poluição existente na represa e como nutrientes responsáveis diretamente pelo elevado número de microrganismos clorofilados lá existentes.

Como indicadores de poluição, constituem, certamente, os mais importantes e sensíveis elementos químicos para a avaliação da qualidade das águas. A amônia, por exemplo, como produto da decomposição de compostos orgânicos nitrogenados, deve ser levada à conta de forte indício da presença de despejos, quando presentes em concentrações maiores que 0,2 ppm, em uma água, especialmente quando nesta se verifica, também, a presença de cloretos.

Além disso, peixes são, geralmente, bastante sensíveis à presença desse tóxico, não tolerando, a maior parte deles, concentrações superiores a 5 partes por milhão, estando esses limites, porém, estreitamente relacionados com o pH ambiente, uma vez que a ação tóxica depende da produção de amônia não ionizada (tanto maior quanto mais elevado for o pH). Em geral, seg. Klein¹⁵, águas com mais que 1 ppm. de amônia oferecem pouco atrativo aos peixes. Ora, na Represa Billings, foram encontrados, durante o período de nosso estudo, concentrações de nitrogênio amoniacal bem su-

periores a 5 ppm, repetidas vezes, em quase todos os pontos de coleta (com exceção do ponto 5A, no rio Grande, onde os valores são sistematicamente inferiores a 1 ppm), embora os pontos situados além do rio Taquacetuba somente apresentassem concentrações tão elevadas nas épocas de muito baixo nível da represa (menos de 30% do volume). Aliás, as mortandades de peixes, na represa, a partir de julho de 1963, tornaram-se sistemáticas, mesmo nos pontos situados além do rio Pedra Branca, mortandades essas que seriam causadas provavelmente, tanto pela presença de amônia quanto pelas grandes depressões no teor de oxigênio dissolvido, especialmente durante a noite.

A relação nitrogênio amoniacal: nitrogênio albuminoide, somente adquire um valor próximo da unidade, ou mesmo se inverte, a partir do ponto 3, assim mesmo quando o volume represado é superior a 60% da sua capacidade total, ou do ponto 4 com 50%. Como era de se esperar, nos pontos 1 e 2 os valores dessa relação são sistematicamente muito altos. Esse fato constitui mais uma confirmação à observação feita em páginas anteriores, segundo a qual, em condições favoráveis, quanto ao volume de água represado, o ponto crítico, relativo à auto-depuração na represa situa-se em um ponto intermediário entre os pontos 2 e 3, mais próximo do rio Taquacetuba. Quanto ao nitrogênio albuminoide, em concentrações superiores a 0,2 ppm, como ocorre em águas do ponto 5A, de tão baixas concentrações de amoniacal, indica certamente a presença de algas, que contribuem para uma certa «poluição vegetal» que se pode inferir também dos valores muito baixos que aí atinge a mencionada relação.

Os dados referentes às concentrações de nitratos são extremamente difíceis de serem interpretados. Em geral, estabelece-se como limite acima do qual se observa o fenômeno de «floração das águas» (causada pelas grandes massas de algas que se desenvolvem), a concentração de 0,3 ppm, desses sais. Entretanto, a rápida proliferação de algas que então se

verifica, determina um consumo também muito acelerado desse elemento, fazendo com que o seu teor decresça muito. Assim é que, quando realizamos medidas de sua concentração em uma água muito rica em algas, podemos surpreender-nos ao encontrar números sensivelmente inferiores ao limite mencionado. Esse fato é responsável, também, por oscilações muito bruscas e frequentes das concentrações de nitratos em águas contendo flora muito abundante.

Um outro fenômeno biológico pode, também, ser responsabilizado por variações inesperadas do teor de nitratos, nos pontos em que não existe oxigênio dissolvido. Trata-se da utilização desses sais como reserva de oxigênio para respiração de bactérias. De acordo com trabalhos de McKinney e Conway²⁰ e comentários de Langely e Little¹⁷, as seguintes substâncias podem ser utilizadas como aceptores de hidrogênio, pelas bactérias, nos processos oxidativos da matéria orgânica poluidora: em primeiro lugar, o oxigênio dissolvido; não havendo o primeiro em disponibilidade, podem ser usados, em seu lugar, os nitratos; após a extinção destes, surgem bactérias capazes de utilizar sulfatos e, finalmente, o gás carbônico, em condições estritamente anaeróbicas. A quantidade de energia conseguida com esses processos decresce, entretanto, na mesma sequência, de modo que há sempre uma «preferência» por parte dos microrganismos, com relação aos compostos que utilizarão como aceptores. Assim, os nitratos, por exemplo, não serão utilizados enquanto houver quantidade disponível de oxigênio, da mesma forma como não haverá transformação de sulfatos em sulfetos (com consequente desprendimento de odor séptico) enquanto estiverem presentes as duas primeiras formas, em quantidade aproveitável. Dessa maneira, mesmo em ausência de oxigênio dissolvido podemos ter ou não produção de odor séptico, dependendo da quantidade de nitratos presentes. Pelo mesmo motivo, a concentração de nitratos na água pode sofrer oscilações muito bruscas, dependendo da quantidade

disponível de oxigênio para respiração bacteriana.

3.2.4. Alcalinidade e pH.

A alcalinidade, na maior parte dos pontos de coleta, é devida exclusivamente a bicarbonatos, o que não podia deixar de ser esperado, em face das elevadas concentrações de gás carbônico existentes onde é intensa a atividade biológica estabilizadora. Apenas no ponto 5, foram encontradas, uma vez, 5 ppm de alcalinidade em carbonatos, enquanto que, no braço do rio Grande, várias vezes foram encontradas 5 e 6 ppm, além de 40 ppm de alcalinidade de bicarbonatos. Observa-se um sensível e sistemático decréscimo dos valores de alcalinidade, à medida que nos afastamos do ponto de entrada das águas poluídas. De fato, sabe-se que durante a oxidação das águas residuárias, há uma redução da alcalinidade devida à oxidação de matéria orgânica, com produção de substâncias ácidas, assimilação de amônia pelos microrganismos ou oxidação desta a ácido nítrico. Dessa forma, as determinações de alcalinidade dão alguma indicação sobre o grau de oxidação em qualquer estágio do tratamento de esgotos¹⁵. Por outro lado, o consumo de gás carbônico pelas algas pode alterar essas relações, o que pode ser observado, algumas vezes, no ponto 4, por exemplo. A elevação do pH a 9, na superfície das águas do rio Grande, junto à tomada do ABC, já foi verificada por nós, em algumas ocasiões, coincidindo com a proliferação muito acentuada de algas do gênero *Microcystis*. De resto, o pH, mesmo no ponto 1, nunca foi baixo bastante a ponto de indicar acidez tóxica ou mesmo presença de ácidos minerais livres.

3.2.5. Sólidos.

A proporção média de sólidos em suspensão, encontrada em 1963 no ponto 1 (situado a 1 km, mais ou menos, da barragem de Pedreira) foi de 42,3 mg por litro de amostra. Considerando-se que

a vazão média de água recalçada na barragem, foi, durante o período de coletas, de 53,4 m³ por segundo, tivemos naquele ponto uma carga média de cerca de 8.000 kg por hora, ou 200 toneladas por dia de matéria em suspensão, tendendo, em grande parte, a sedimentar-se nas primeiras porções da represa. Provavelmente, a carga introduzida é muito maior, sedimentando-se, em grande parte, antes de atingir o Ponto 1, mas não foram tomados dados a respeito nem no presente levantamento, nem em trabalho semelhante, realizado no rio Pinheiros e Tietê, por Rodrigues²⁵.

A julgar pela proporção entre sólidos totais e resíduo mineral fixo (embora não muito apropriada, pois nestes estão incluídas também substâncias em solução) uma certa porcentagem desse material suspenso é constituída por matéria orgânica que, uma vez sedimentada, dará lugar à decomposição anaeróbica, dando origem a vários fenômenos como: produção de mau cheiro, devido a formação de gases, tais como o H₂S, etc., consumo de oxigênio das camadas superiores, através do despreendimento de bôlhas gasosas que tendem a absorver oxigênio do meio, elevação de aglomerados sólidos, ainda por efeito dos gases despreendidos, além de constituir por si só uma sobrecarga considerável, localizada, de demanda bioquímica, que será estabilizada lentamente. Quanto aos sedimentos minerais, estes, além de diminuírem paulatinamente a capacidade do reservatório, podem provocar outros prejuízos por serem abrasivos às bombas, etc., destruir em animais e plantas aquáticas que constituem o alimento natural dos peixes, entupirem brânquias e soterrarem ou perfurarem ovos destes últimos, etc..

3.3. Discussão dos dados biológicos.

3.3.1. Bacteriologia.

Os números mais prováveis de organismos coliformes sofreram, durante o período de pesquisa na Represa Billings

as seguintes variações (por 100 ml): Ponto 1, máximo: 24.000.000 e mínimo: 24.000; Ponto 2, máximo: 2.400.000 e mínimo: 930; Ponto 3, máximo: 93.000 e mínimo: 60; Ponto 4, máximo: 210.000 e mínimo: 40; Ponto 5, máximo: 210.000 e mínimo: 4; Ponto 5A, máximo: 150.000 e mínimo: 15; Ponto 6, máximo: 240.000 e mínimo: 90.

Os dados referentes a números mais prováveis de coliformes, são os que maiores dificuldades oferecem à interpretação. Embora seja nítida, através da sua observação, a tendência de redução, nos diferentes pontos, à medida que se afastam da entrada dos resíduos; embora seja perceptível, também, a tendência ao aumento desses valores, em cada ponto, à medida que se acentua a concentração de matéria poluidora no reservatório, há uma enorme oscilação da curva de variação de N.M.P. em cada ponto ou em cada data. Esta oscilação é, até certo ponto, característica das águas com muito acentuada poluição, principalmente onde a contribuição doméstica não constitui a causa única da poluição. Oscilações grandes foram, também, verificadas por Rodrigues²⁵ durante o levantamento dos rios Tietê-Pinheiros, utilizando ali a técnica da filtração em membranas. Os números por ele obtidos, com essa técnica, são sistematicamente inferiores aos números obtidos na Represa Billings, pela técnica das diluições múltiplas em caldo lactosado, o que é perfeitamente explicável e deveria mesmo ser esperado^{7 12}. Flutuações comparáveis são verificadas nos dados referentes às condições bacteriológicas das águas de vários rios poluídos norte-americanos¹⁸, ou ainda em rios franceses, como o Sena, o Marne, o Oise, apesar de receberem cargas poluidoras bem menores que as aqui mencionadas¹⁹. Tais oscilações são explicadas por vários fatores: interferência de substâncias tóxicas ou inibidoras, presentes em despejos industriais de lançamento descontínuo; predatismo e inibições provocadas por interferência de outros microrganismos presentes em muito grande número na água; auto-inibições causadas pelas próprias

bactérias quando em muito elevadas concentrações; variações dos fatores físicos da água, tais como: temperatura (as águas que entram na Represa Billings recebem, junto da barragem, água quente procedente do sistema de resfriamento da Usina Termoelétrica Piratininga, com repercussão na temperatura da água da represa, pelo menos nos períodos de baixo nível desta), matéria sedimentável, etc.; produção de oxigênio livre por fotossíntese. Por outro lado, pelo que se pôde apreciar, através de algumas determinações pelos métodos IMViC e McConkey a 44°C, parece haver intensa proliferação de bactérias do tipo *Aerobacter aerogenes*, mais evidente nos pontos em que foram encontrados maiores índices de N.M.P. Pesquisas nesse sentido, mais pormenorizadas, deveriam fazer parte de futuros programas de levantamentos sanitários daquelas águas.

Com relação às condições bacteriológicas parece, ainda, haver confirmação do que dissemos com respeito aos dados químicos: as condições sanitárias das águas da represa sofrem uma melhora sensível, entre os pontos 2 e 3. Embora não se possa, em absoluto, afirmar que as condições, à altura do rio Taquacetuba sejam aceitáveis, elas indicam uma acentuada capacidade de recuperação desse primeiro terço da represa.

Com relação ao significado sanitário dos índices de coliformes presentes nesse reservatório, há algumas questões que merecem ser focalizadas. Como já temos discutido amplamente em trabalhos anteriores³ o índice coli somente tem maior significado quando conhecidas as relações de proporção entre essas bactérias e as bactérias patogênicas nos esgotos da cidade. Com efeito, pode-se considerar até mesmo a possibilidade extrema, de uma pequena população não abrigar em seu seio, nenhum portador de germes patogênicos, caso em que o índice coli não teria significado como ameaça potencial à saúde de quem se abastecesse das águas receptoras; o caso oposto foi recentemente constatado na Galileia²⁸: águas com ín-

lices baixos, ou mesmo negativos, de coliformes, nas quais foi constatada a presença de enterobactérias patogênicas do gênero *Salmonella* em número de 5 bactérias em 100 ml de água! No caso da Represa Billings o índice coli tem indubitável significado, como significativo de contaminação bacteriana, uma vez que esse reservatório recebe a contribuição de esgotos de uma grande população, inclusive despejos de hospitais, sem qualquer tratamento, como o Hospital das Clínicas, Hospital de Isolamento, além do Instituto Adolpho Lutz e respectiva seção de vírus. Vírus causadores de hepatite infecciosa e outras moléstias transmissíveis pela água, apresentam grande resistência — maior que a dos coliformes — às condições ambientes, especialmente quando em águas ricas em matéria orgânica, o que nos faz suspeitar da presença de tais seres patogênicos, nas águas da Billings, especialmente nas épocas de secas prolongadas em que, além de diminuírem sensivelmente as possibilidades de distribuição dos esgotos, há uma considerável redução no tempo de detenção e na oxigenação por fotossíntese, vale dizer, na capacidade estabilizadora daquele reservatório. Pesquisas nesse sentido haviam sido programadas para o presente levantamento, mas infelizmente, não puderam ser realizadas.

3.3.2. Hidrobiologia.

Os números de microrganismos — particularmente *Microcystis*, que é o gênero predominante — por unidade de volume de água na Represa Billings, são pouco significativos, uma vez que, como já dissemos, essas cianofíceas que ali proliferam, além de ocuparem na sua maioria, uma camada muito superficial, deslocam-se de um para outro local da represa, ao sabor dos ventos. Assim mesmo, pode-se verificar que a sua ocorrência — como era de esperar — só se dá (em número apreciável) a partir do ponto 2 ou, de maneira mais estável, entre os pontos 2 e 3, onde a mineralização do material orgânico nitrogenado se faz sentir com

maior intensidade, além de que a cor e turbidez das águas (especialmente a primeira) são bem menores. Já nos referimos à dificuldades, entretanto, com que sempre nos defrontamos ao tentar relacionar a concentração de nitrogênio com a incidência de algas, fato esse que se torna bem evidente nos pontos ou datas em que o número daquelas se torna muito elevado.

As variações numéricas, encontradas nos vários pontos foram as seguintes (n.º de organismos/ml): Ponto 1, máximo: 16.000 e mínimo: 0; Ponto 2, máximo: 65.500 e mínimo: 150; Ponto 3, máximo: 61.000 e mínimo: 700; Ponto 4, máximo: 95.000 e mínimo: 700; Ponto 5, máximo: 12.000 e mínimo: 360; Ponto 5A, máximo: 8.400 e mínimo: 1.300; Ponto 6, máximo: 30.000 e mínimo: 1.000.

Estudos qualitativos, procurando relacionar, na Represa Billings, gêneros e espécies de algas e de outros organismos, com o grau de poluição presente têm sido objeto de relatórios especializados^{4, 5}; outros estudos versando principalmente sobre a hidrobiologia do braço do Rio Grande e suas conseqüências para o aproveitamento de suas águas no ABC, têm sido produzidos^{1, 2, 23, 24}. As seguintes constatações merecem ser reproduzidas daqueles trabalhos, por estarem diretamente relacionadas com os objetivos do presente estudo, ou por estarem de acordo — assim complementando-as — com dados obtidos para os demais pontos da Represa Billings:

a) É conhecida a presença de *Microcystis*, na represa, desde 1951 (quando foi identificada como *M. aeruginosa* por Hoene e Toledo, do Instituto de Botânica de S. Paulo, a pedido do biólogo Felix Charlier, da Companhia Light). Em 1952 Drouet classificou-as como *Anacystis cianea* (*M. aeruginosa*). Seu aparecimento na represa parece coincidir, pois, com a intensificação da introdução das águas poluídas procedentes dos rios Tietê e Pinheiros, através do sistema de recalque de Pedreira-Traição^{1, 2}.

b) Há um estreito paralelismo entre as curvas de variação de DBO, oxigênio dissolvido e número de algas, no Rio Grande, conforme demonstrou Zugman, através de determinações químicas e hidrobiológicas realizadas de 2 em 2 dias, durante 2 meses consecutivos, em um ponto fixo situado junto à tomada de água para abastecimento do ABC³¹. Esse fato concorre, pois, para demonstrar as relações existentes entre algas e DBO, já apontadas neste relatório bem como, naturalmente, entre algas e produção de oxigênio. Observa, ainda, Zugman³¹, a interferência de despejos industriais, naquelas águas, com acentuada influência sobre a sua composição química, como sucedeu, por exemplo, em 9 de setembro de 1964, quando os dados químicos revelaram a presença de despejos fortemente alcalinos (o pH da água chegou a 10,35), com teor elevado de cloro livre e o número de algas caiu bruscamente (em 5 dias) de 6.600 para 120 organismos por mililitro de água.

c) A formação de «manchas» ou áreas ricas em algas, as quais se deslocam por ação direta dos ventos, constituindo uma camada superficial de apenas alguns centímetros de espessura foi, também, observada por Palmer²³, em 1960 e por nós² em 1958, quando recomendamos, então, como solução de emergência, que se tem revelado satisfatória, que a tomada d'água fôsse realizada à maior profundidade.

d) A produção de forte sabor e odor, na água, pela presença não só de *Microcystis*, como também de outros gêneros de algas ali presentes. Em 1958 e 1959 foram realizados estudos^{1 2} visando o controle de odor e sabor produzidos por microrganismos vivos ou por produtos de sua decomposição, quando acumulados nos decantadores. Foi então indicada como melhor solução, a aplicação de pré-cloração ao «break-point» seguida de aplicação de carvão ativado (se ainda necessário), após 1 hora de contato. O tempo necessário de contato com o cloro seria obtido ou com a construção de um tan-

que de pré-cloração ou utilizando-se, como emergência, um dos próprios decantadores da estação para esse fim. O intervalo de 1 hora entre as duas aplicações é indispensável, como foi amplamente justificado, naqueles trechos, para que não haja inativação do carvão pelo cloro, adsorção dêste pelo primeiro e, consequentemente, consumo anti-econômico de ambos como, aliás, vem sucedendo. Por outro lado, a aplicação de cloro ao «break-point» poderia revelar-se, pelo menos em certas épocas (dependendo da espécie de algas presente) por si só satisfatória na remoção de gosto e cheiro.

e) As algas ali dominantes (*Microcystis aeruginosa*) foram mencionadas como tóxicas ou potencialmente tóxicas^{1 2 23}. Estudos posteriores⁶ vieram a revelar que embora as algas presentes na Reprêsa Billings não sejam produtoras de secreções tóxicas, são capazes de formar toxinas quando entram em decomposição. Embora a tendência atual seja de admitir que somente quantidades muito grandes de algas tóxicas poderiam, quando ingeridas de uma só vez, produzir consequências fisiológicas no homem, não se dispõe ainda de muitos dados a respeito das propriedades das toxinas resultantes da decomposição de algas e, menos ainda, sobre os efeitos de seu consumo prolongado em doses não letais. Por essa razão, recomenda-se evitar, de tôdas as maneiras, a concentração dessas algas nos filtros ou nos decantadores da estação de tratamento. Diz Palmer, a esse respeito²³: «Entretanto, o perigo potencial representado pela presença de tais algas deve ser levado em consideração e tôdas as precauções devem ser tomadas a fim de reduzir o risco».

f) Medidas têm sido aconselhadas, com o propósito de reduzir o número de algas nas águas do Rio Grande, que se destinam ao abastecimento. Entre outras, a aplicação de sulfato de cobre em torno do ponto de tomada d'água, a construção (embora onerosa) de uma barragem isolando o Rio Grande e livrando-o da influência do restante da Billings¹ ou a

simples colocação de «uma barreira vertical, à superfície da água, com meio a um metro de altura e situada a 15 ou 30 metros do ponto de tomada, a fim de impedir que o vento traga a massa de algas de outras áreas, para a que se situa em torno do ponto de tomada»²³. A influência do transporte das águas da Billings, para o interior do braço constituído pelo rio Grande, por ação do vento, ficou melhor evidenciada quando, em consequência do abaixamento progressivo das águas do reservatório, o D.A.E. viu-se obrigado a construir, sob a ponte da Via Anchieta, a jusante da estação de bombas de captação, uma barragem provisória, visando manter uma reserva e uma altura suficiente de água que pudesse ser captada pelas bombas. Observou-se, então, uma drástica mudança das características químicas e biológicas na água que entra na estação de tratamento. Em consequência, foi possível suprimir-se a pré-cloração e a aplicação de carvão ativado, os leitos filtrantes passaram a apresentar-se em muito melhores condições que anteriormente, ou que após a re-entrada de águas da Billings por sobre a barragem provisória. Atualmente, os filtros se acham novamente colmatados pelo excesso de matéria orgânica, apresentando rachaduras. Da mesma forma, os decantadores apresentam formação excessiva de lodo orgânico que, aliada à falta de funcionamento de um dos removedores automáticos, vem obrigando a frequentes esvaziamentos e lavagens, com consequente perda de quantidades apreciáveis de água, além dos possíveis inconvenientes para a qualidade da água tratada, resultantes do gosto e cheiro, da passagem de carvão pelos filtros, etc. .

4. CONCLUSÕES

O presente estudo das condições sanitárias da Represa Billings, embora incompleto sob vários aspectos que serão adiante discutidos, permitem-nos, entretanto, uma série de conclusões úteis a quem quer que se empenhe na utilização daquelas águas para quaisquer fins sani-

tários. As eventuais falhas e, principalmente, as omissões apontadas neste relato poderão ser sanadas ou completadas em futuras pesquisas. Assim sendo, como primeira abordagem do complexo problema de levantamento sanitário de um grande lago, como é a Billings, sujeito a uma única, mas pesada influência, que é o despejo de aproximadamente 200 toneladas de DBO por dia²⁵, o presente trabalho constitui a inevitável e obrigatória primeira etapa, que nos permitirá, no futuro, com muito maior conhecimento de causa, orientarmo-nos no sentido de obter informações muito mais seguras, visando a solução pormenorizada de problemas concretos, objetivos e bem formulados. Um levantamento sanitário completo não é feito em 1 ou em 2 anos. O estuário do Tâmis (apenas para citar um exemplo) vem sendo estudado há décadas! Alguns lagos — dada a sua importância para a economia local (quase sempre relacionada com a piscicultura) — justificam, mesmo, a criação de uma base permanente de observações e pesquisas: tal é o caso, por exemplo, de inúmeros lagos norte-americanos e europeus e mesmo nacionais, como o de Barra Bonita, onde foi criada uma base, pela Secretaria da Agricultura e DAEE; tal seria o caso, ao nosso ver, da Represa Billings. E mais dela do que de qualquer outra. Em primeiro lugar, pelo simples fato de que a Represa Billings representa, para S. Paulo, muito mais do que apenas um local de pesca e de recreação: representa sim, um lago de importância econômica incomensurável, para uma cidade tão desprovida de recursos hídricos, seja como fonte de água potável, seja como potencial hidroelétrico, seja como depositário final dos esgotos da cidade. Em segundo lugar, porque, recebendo esse lago os resíduos que o poluem, através de um único ponto de descarga, portanto, com uma poluição de origem perfeitamente conhecida e delimitada e descarregando sua vazão em outra extremidade, segundo um regime também perfeitamente conhecido e controlado, oferece êle condições únicas para o estudo pormenorizado de todos os fe-

nômenos relacionados com a poluição, contaminação e auto-depuração em lagos, potabilização e padrões de potabilidade e muitos outros aspectos do problema de abastecimento de água e eliminação de dejectos de uma cidade. Em uma palavra, a Represa Billings constitui, sem exagero, o campo de atividade para todo um instituto de pesquisas sanitárias.

Os seguintes aspectos parecem-nos merecedores de destaque no presente estudo:

4.1. A escolha dos atuais pontos de coleta, baseada em um critério em que procuramos observar, tanto quanto possível, a equidistância entre os mesmos, bem como as prováveis zonas de influência das diluições proporcionadas pelos principais cursos d'água que contribuem à formação da represa, revelou-se bastante satisfatória. Entretanto, como foi apontado, nem sempre se observou uma perfeita homogeneidade na distribuição do material poluidor, especialmente nos dois primeiros pontos, o que nos fez sugerir, para futuros trabalhos, procurar examinar toda a secção compreendida nesses pontos, de modo a se obter amostras compostas, mais representativas. Pela mesma razão, uma composição ou mesmo análise em separado de amostras de várias profundidades seria desejável nos pontos em que se observa distribuição não homogênea do oxigênio — especialmente quando produzido por algas na superfície — e também da DBO. Por outro lado, parece-nos inevitável, em face das dificuldades encontradas nos trabalhos de coleta, reduzir o número de pontos de coleta. Essas dificuldades decorrem, sobretudo, da inexistência de um barco apropriado — coberto, pesado e espaçoso bastante para, além de transportar 3 ou 4 técnicos e todo o material necessário, manter uma estabilidade suficiente que permita o trabalho em condições inclementes de vento, chuva e enfrentando ondas até de 1 m de altura — permanentemente à disposição do serviço. Em alguns dos pontos de coleta seria mesmo aconselhável a construção de pequenas

bases flutuantes (de 10 a 12 m²), fixas, que permitissem a realização de trabalhos mais demorados, como por exemplo a determinação do oxigênio produzido por fotossíntese, circulação, etc. O estabelecimento de um ponto de coleta entre os atuais pontos 2 e 3 parece-nos obrigatório por situar-se, aí, uma zona muito significativa com relação aos fenômenos de auto-depuração que se verificam na represa.

4.2. Algumas das determinações que foram realizadas durante o presente levantamento, parecem-nos supérfluas, tendo em vista a maior objetividade dos trabalhos, a economia de tempo e de técnicos e, principalmente, a necessidade de outros dados, de muito maior interesse, e que não puderam ser obtidos nesse trabalho preliminar. Assim, optaríamos pela supressão de: sólidos totais, resíduos minerais e voláteis, sólidos dissolvidos e sólidos em suspensão que seriam substituídos pela simples prova de sólidos sedimentáveis (medidos em cones de Imhoff); dureza; ferro; cloro dos cloretos; oxigênio consumido, que seria substituído pela prova de permanganato em 4 horas, ou pela prova de demanda química de oxigênio (pelo método do bicromato de potássio). Deveriam ser introduzidos ainda, a determinação quantitativa de nitritos; nitrogênio orgânico total; fosfatos; medidas de formação de sedimentos; medidas de circulação (na superfície e no fundo, correlacionadas com velocidade e direção dos ventos); intensidade luminosa às diferentes profundidades (para correlacionar com produção de oxigênio por fotossíntese); concentração de pigmentos fotosintetizantes; determinação de DBO no claro e no escuro (a fim de se ter uma idéia sobre a falsa DBO); estudos qualitativos de enterovirus e enterobactérias patogênicas.

4.3. As águas da Represa Billings, notadamente na área próxima à barragem de Pedreira, apresentam características de acentuada poluição ou mesmo de esgoto a céu aberto. Contudo, é notável a capacidade de recuperação que as mesmas apresentam e que faz com que entre

os pontos 2 e 3 se observe uma nítida transição de suas características, revelada principalmente pela concentração de oxigênio dissolvido, nitrogênio e dados bacteriológicos, o que nos leva a considerar essa região como um «ponto chave» da auto-depuração do reservatório, pelo menos nas épocas em que este conta com mais de 50% de seu volume de água, o que pode ser observado também através da Tabela I, que representa os valores médios obtidos durante o nosso levantamento, dados esses válidos, possivelmente, para um volume médio de 53%, encontrado durante o mesmo período. Acreditamos que essa rápida transição que aí se observa seja devida, principalmente, a dois fatores: a sedimentação da maior parte dos sólidos orgânicos, constituindo lodo e, por conseguinte, uma reserva de DBO que não se afasta muito da área inicial da reprêsa; e à acentuada proliferação de algas que se observa, como consequência da própria remoção de turbidez, de alguns componentes tóxicos voláteis do esgoto (gás sulfídrico, por exemplo) e da parcial oxidação da matéria orgânica da qual resultam compostos minerais que constituem nutrientes para algas. Segundo ponderamos ao discutir os dados sobre DBO, o próprio fato de haver, entre os dois pontos de coleta citados, uma simultânea e abrupta elevação dos teores de oxigênio dissolvido e de DBO (falsa DBO) constitui uma evidência do papel preponderante desempenhado pelas algas, no processo de depuração. Será necessário, em futuras pesquisas, através de análises em diferentes profundidades, verificar qual o alcance, com relação a toda a massa d'água, dessa oxigenação, tendo em vista o papel dos ventos como causadores de circulação e distribuição desses elementos.

4.4. O problema da utilização das águas da Billings para fins de abastecimento deve ser ponderado sob vários aspectos. Em princípio, qualquer água, independentemente de seu grau de poluição ou de contaminação, pode ser transformada em água potável. (Basta lembrar

que todas elas — as superficiais, pelo menos — contribuem indiscriminadamente para a formação das chuvas). Do ponto de vista econômico parece mesmo, segundo a abalizada opinião do prof. Azevedo Netto*, ser mais vantajosa, em alguns casos, a utilização de águas com certo grau de poluição do que, por exemplo, a transformação de água do mar em água potável. Entretanto, é necessário analisar pormenorizadamente, em cada caso, os fatores favoráveis e os contrários a tais aproveitamentos. Evidentemente, não se podendo contar com outros recursos, torna-se imperioso recorrer-se ao método mais oneroso e essa análise, no que diz respeito ao abastecimento de São Paulo, escapa inteiramente à nossa alçada. Tornou-se clássico, a esse respeito, o caso extremo da cidade de Chanute, no Kansas²², em que a população foi obrigada a abastecer-se com águas recirculadas que, embora inconvenientes, principalmente do ponto de vista estético, eram entretanto, isentas de contaminação nociva, graças aos eficientes — porém custosos — métodos de tratamento aplicados. Naquele caso, a única alternativa possível seria a do transporte de água por meio de composições ferroviárias, por certo muito mais onerosa! No caso de São Paulo, a área que compreende o sistema Billings constitui exatamente a zona de maiores precipitações pluviométricas, sendo pois de se lamentar, como salienta Rodrigues* o seu abandono como recurso para o abastecimento futuro da cidade.

O aproveitamento de uma parte da vazão da reprêsa seria possível, nas seguintes circunstâncias ou alternativas: a) isolando-se, para esse fim, alguns dos «braços» do reservatório, como no caso já apontado do Rio Grande, utilizado, presentemente, para abastecimento do ABC; b) o tratamento, pelo menos primário, dos esgotos da cidade, de modo a remover a maior parte possível de seu material sedimentável, permitiria a proliferação de algas — e consequentemente a produção de oxigênio — no interior da

* Comunicação verbal.

Reprêsa Billings, desde o ponto de recalque, junto à barragem de Pedreira. Como consequência disto, teríamos por assim dizer, uma grande aceleração do processo de recuperação, de maneira que o ponto que denominamos como «ponto chave», atualmente situado, como valor médio e com as cargas atuais, entre os pontos 2 e 3, passaria certamente a situar-se muito mais próximo da referida barragem. Teríamos assim, melhoradas as condições nos pontos subsequentes, embora isso não signifique que as águas nestes pontos venham a apresentar características satisfatórias, mas sim que o seu tratamento seja possível, com o emprêgo de métodos modernos, que incluiriam forçosamente o contrôle de algas em tôrno do ponto de tomada, o emprêgo eventual de carvão ativado e o uso obrigatório de pré-cloração, a fim de nos prevenirmos das conseqüências da contaminação virológica. Segundo nosso ponto de vista, entretanto, uma tal solução sòmente poderá ser adotada após a realização de intensivos estudos de campo e de laboratório, visando estabelecer o real significado, em nosso meio, dos índices de coliformes e outros padrões de potabilidade, a presença de enterovirus e a eficiência de seu contrôle através da pré-cloração, a localização ideal do ponto de tomada, tendo em vista o contrôle eficiente e barato das algas, o real valor da oxigenação proporcionada pelos organismos fotossintetizantes e, principalmente, a garantia (se fôr possível, talvez em detrimento até certo ponto, mesmo, do aproveitamento hidroelétrico em Cubatão) de um volume constante, na reprêsa, não inferior a 50% de sua capacidade total. Alguns desses aspectos foram, aliás, fartamente discutidos em excelente trabalho precursor dêste, de autoria do prof. Meiches²¹.

Atualmente, a utilização de águas procedentes da Reprêsa Billings é feita no «braço» do rio Grande, para os municípios de Santo André, São Bernardo e São Caetano, e, no rio Cubatão, ao nível do mar, para o abastecimento da cidade de Santos. No primeiro caso, já comentamos algumas das dificuldades existen-

tes e os benefícios que poderiam decorrer, para aquêle sistema, da eventual construção de uma barragem que isolasse o rio Grande das influências da Reprêsa Billings pròpriamente ditas. No segundo caso, parecem existir algumas dificuldades quanto à perfeita potabilização das águas, sobretudo do ponto de vista estético (gôsto e cheiro principalmente). O aproveitamento daquelas águas para o abastecimento de Santos causou-nos certa apreensão, na época de seu projeto, quando nos manifestamos, através de alguns contatos pessoais, bastante céticos a respeito da eficiência do tratamento com relação aos vírus, principalmente os transmissores de hepatite infecciosa, recordando a propósito, o caso da cidade de Nova Delhi, na Índia, em que cêrca de 1.000.000 de pessoas (numa população de 1.700.000) foram infectadas pelo vírus, abastecendo-se de águas aparentemente satisfatórias do ponto de vista de coliformes⁹. A água era submetida a pré-sedimentação, coagulação e floculação com sulfato de alumínio, decantação em 6 horas, filtração em filtros rápidos de areia, pós-cloração com cloro-combinado (cloraminação). Os reservatórios de distribuição de água na cidade apresentavam, na época em que se verificou a epidemia, 0,15 a 0,20 ppm de cloro residual. Os dados sôbre coliformes não indicavam evidência de contaminação. Sòmente foi poupada da infecção, uma parte da população que era abastecida com águas de uma estação de tratamento (Okhla) que, embora utilizando águas a jusante, no mesmo rio, sujeita a muito maior contaminação, incluía pré-cloração, no seu tratamento e utilizava cloro livre, em lugar de cloro combinado. Como se sabe, embora o uso de cloramina apresente várias vantagens sôbre o cloro livre, principalmente na manutenção de residuais, contrôle de gôsto e cheiro, etc., sua eficiência como germicida chega a ser cêrca de dez vêzes menor.

As águas da Reprêsa Billings são utilizadas, atualmente, para fins recreacionais. Mesmo em locais como o «bra-

ço» de El-Dorado, situado entre os nossos pontos de amostragem n.ºs 1 e 2 (mais próximo do primeiro que do segundo) onde se observa uma quase permanente ausência de oxigênio dissolvido, em épocas nas quais a água, de cor cinza escuro, exala intenso odor fétido, centenas de esportistas amadores praticam o «kaiatismo», e a patinação em esquis aquáticos e, com menor intensidade, a natação. Algumas dessas atividades esportivas, que eram praticadas um pouco adiante, no Acampamento dos Engenheiros, sob patrocínio da «Associação Cristã de Moços», foram suspensas há já algum tempo, por nossa indicação e, mesmo uma prova de natação que consistia na travessia do «braço» do rio Grande, a montante da tomada de água para o ABC, tem sido realizada com algumas precauções, tendo em vista o acúmulo de algas naquela área. A extraordinária estiagem de 1963 tornou quase impossível a prática de qualquer modalidade esportiva em toda a reprêsa, o que constitui um fato extremamente lamentável, dada a escassez de oportunidades com que conta em geral, o paulistano, para dedicar-se aos esportes náuticos ou aquáticos em geral. Dificilmente serão utilizáveis, sem risco para a saúde, as águas das áreas ao longo do eixo principal da reprêsa, para fins de natação, a menos que se proceda à cloração superficial das águas, por meio de barco a motor, nas áreas que se pretende utilizar para tal fim (clubes, etc.) como recomenda Phelps²⁴.

4.5. A Reprêsa Billings tem capacidade para 1.200.000.000 m³ de água, em uma área inundada de 127.000.000 m². O trecho que vai da barragem de Pedreira, até o ponto que denominamos de «ponto chave» — situado, como hipótese, a meia distância dos pontos 2 e 3 — corresponde, aproximadamente, à quarta parte dessa área, ou seja, cêrca de 31.800.000 m². Admitindo que essa área compreenda, também, 1/4 do volume total da reprêsa e tomando-se, como dado médio, uma vazão de 77 m³ por segundo⁸, temos, nesse trecho, um tempo de detenção superior a 30 dias, quando preenchi-

dos 100% de sua capacidade total, ou seja, bem mais que o tempo requerido por um sistema de lagoas de oxidação. Contudo, deve ser lembrado o fato de que, tendo a Reprêsa Billings uma profundidade média muito superior à ideal para a realização de fotossíntese, a sua comparação com uma lagoa de oxidação somente poderá ser feita em termos de cargas de DBO por metro quadrado de lago. Segundo Victoretti²⁹, uma lagoa de tipo australiano é calculada para receber uma carga de 100 g de DBO por metro quadrado da lagoa anaeróbia, sendo a lagoa aeróbia 5 vezes maior. Isso corresponde, no total, a uma carga de 100 g de DBO para 6 m², ou seja, 16,6 g de DBO por metro quadrado. A carga total recebida pela Reprêsa Billings, através da barragem de Pedreira, é da ordem de 200 toneladas de DBO por dia²⁵, que exigiriam, por conseguinte, uma área de 12.000.000 m², isto é, duas e meia vezes menor que a área compreendida até o «ponto chave» quando a reprêsa se acha totalmente cheia. Considerando-se que normalmente a área média é muito menor e que, além disso, a reprêsa não apresenta as características mais convenientes para uma lagoa tipo australiano, podemos considerar, mesmo através desses dados um tanto grosseiros, que o comportamento da reprêsa, como fator de depuração, se aproxima daquele das lagoas de estabilização, malgrado sua profundidade. Certamente, esse valor seria bem mais elevado, se fossem separadas entre si, as fases anaeróbia e aeróbia, de modo a não permitir a passagem, para a segunda etapa, de substâncias tóxicas (tais como gás sulfídrico, etc.), de corpos em suspensão, sedimentação de lodo, etc.

A depuração na Reprêsa Billings, se dá em função do tempo de detenção. Pesquisas futuras deverão procurar determinar cuidadosamente qual o elemento ativo ou agente dessa depuração. Ao que tudo indica, as algas — ou melhor, a fotossíntese — constituem um importante fator nessa depuração. Será indispensável avaliar quantitativamente esse fator, tendo em vista a quantidade de oxigênio que é produzida através dele, bem

como a sua distribuição na massa d'água, por intermédio principalmente da ação dos ventos. Somente assim se poderá chegar a uma conclusão segura e definitiva da influência da fotossíntese em um lago profundo, e da própria capacidade potencial depuradora contida na Represa Billings.

SUMMARY

Billings reservoir, located about 746.5 m over the sea, near the city of S. Paulo, Brazil, covers an area of approximately 127,000,000 sqm. It was built for the production of hydroelectric power and it is fed by very polluted waters which receive the non-treated sewage from the city. In the places located near the pumping dam (until about 1,000 m far) the conditions are permanently septic but a great self-depuration capacity can be observed. This self-depuration capacity promotes the re-establishment of the water qualities in the first quarter of the reservoir area. This report analyse Billings reservoir from two points of view: 1) Regarding the use of some of its branches in water supply through new dams; 2) Regarding the self-depuration capacity for the final stabilization of primary treated sewage effluents, which seems to be due mainly to the photosynthetic activity of massive growth of algae (specially *Microcystis aeruginosa*). However, the introduction of non-treated sewage decreases the power of stabilization that would be increased by a primary treatment. New methods for future research to determine the phytoplanktonic oxygen production (using dark and transparent bottles), chlorophyll concentration and subsurface currents, as well as studies concerning the influence of mud and algae respiration on BOD concentration are suggested.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho não poderia ter sido levado a termo, se não contássemos com a colaboração valiosa de técnicos de reconhecida competência. Na árdua tarefa de coleta de amostra na represa, assim como nas análises e demais trabalhos realizados em laboratório, contamos com a colaboração permanente dos químicos: E. Blumberg, G. Sciuolo, J. La Scalea, J. L. Pereira; biólogos: H. L. Pereira, M. T.

Martins, W. C. Branco, todos do Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo, além dos biólogos B. Skvortzow e A. Milanez, do Instituto de Botânica de São Paulo. A Companhia Light dirigimos especial agradecimento por nos haver permitido utilizar, na maior parte das coletas, uma de suas lanchas a motor, além de inúmeras outras facilidades que nos proporcionou. A Srta. Heloisa Dias Barreto, desta Faculdade, a nossa gratidão pelo zelo demonstrado na organização dos quadros e tabulação dos dados aqui referidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRANCO, S. M. — Estudo dos fatores biológicos responsáveis pela má qualidade que caracterizam as águas de abastecimento do A.B.C. São Paulo, 1959. (Relatório apresentado ao Departamento de Águas e Esgotos — inédito).
2. ————— Estudo preliminar da hidrobiologia da Represa Billings. São Paulo, 1958. (Relatório apresentado ao Departamento de Águas e Esgotos — inédito).
3. ————— Poluição e contaminação. *Revista DAE*, 26 (57): 41-45, jun. 1965.
4. ————— Sobre a utilização de microorganismos flagelados como indicadores de poluição. São Paulo, 1964. (Tese de livre-docência — Fac. Hig. Saúde Pública, Univ. São Paulo).
5. ————— & MILANEZ, A. — [Fungos indicadores de poluição, na Represa Billings] (em vias de publicação).
6. ————— & PATTOLI, D. — [Algas tóxicas em águas de abastecimento] (em vias de publicação).
7. CHRISTOVÃO, D. A. — Exame e controle bacteriológicos da água. (*In* Operação e Manutenção de Estações de Tratamento de Água. São Paulo, Faculdade de Higiene e Saúde Pública da USP — OPAS, 1965. p. 125).
8. CONVÊNIO HIBRACE — Desenvolvimento global dos recursos hídricos das bacias do alto Tietê e Cubatão. São Paulo, 1964. v. 5. (mimeografado).
9. DENNIS, J. M. — 1955-56 infectious hepatitis epidemic in Delhi, India. *Jour. AWWA*, 51 (10): 1288-1296, Oct. 1959.
10. GERLOFF, G. C. & SKOOG, F. — Cell contents of nitrogen and phosphorus as a measure of their availability for growth of *Microcystis aeruginosa*. *Ecology*, 35 (3): 348-354, 1954.

11. GERLOFF, G. C. & SKOOG, F. — Nitrogen as limiting factor for the growth of *Microcystis aeruginosa* in Southern Wisconsin Lakes. *Ecology*, 38 (4): 556-561, 1957.
12. GRÃ-BRETANHA. DEPARTMENT OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH — Coastal pollution. (In — Water Pollution Research, 1962: report of ... London, Her Majesty's Stationery Office, 1963. p. 102).
13. HAZEN, R. — Report to Pan American Health Organization on Water and Waste Disposal Program, São Paulo, Brazil. New York, Hazen & Sawyer, 1953. (mimeografado).
14. JONES, J. R. E. — Fish and river pollution. (In Klein, L. Aspects of river pollution. London, Butterworths Scientific Publication, 1957. p. 159).
15. KLEIN, L. — Aspects of river pollution. London, Butterworths Scientific Publication, 1957.
16. LACKEY, J. B. & SAWYER, C. N. — Plankton productivity of certain South-Eastern Wisconsin Lakes as related to fertilization. I. Surveys. *Sewage Wks J.*, 17: 573-585, 1945.
17. LANGELY, Jr., H. E. & LITTLE, A. D. — Discussion [of the oxidation, reaeration, and mixing in the Thames Estuary, by Gamson, A. L. H. & Barret, M. J.] (In Seminar on Oxygen Relationships in Streams, 1st, 1957. Proceedings... Cincinnati, Robert A. Taft Sanitary Engineering Center, 1958. p. 91).
18. McCALLUM, G. E. — National water quality network: annual compilation of data, 1958-1959. Washington, D. C., US Department of Health, Education and Welfare, 1959.
19. MANGEREL, P. — Sur la pollution organique des rivières parisiennes. *Techqs Sci. munic.*, 60 (7): 231-241, jul. 1965.
20. McKINNEY, R. E. & CONWAY, R. A. — Chemical oxygen in biological waste treatment. *Sewage ind. Wastes*, 29: 1097, 1957.
21. MEICHES, J. — Contribuição para o estudo das limitações impostas pela qualidade das águas naturais para o seu aproveitamento. São Paulo, 1964. (Tese de docência-livre — Escola Politécnica da Univ. São Paulo).
22. METZLER, D. F. et alii. — Emergency use of reclaimed water for potable supply at Chanute, Kan. *Jour. AWWA*, 50 (8): 1021-1057, Aug. 1958.
23. PALMER, C. M. — Algas e suprimento de água na área de S. Paulo. *Revista D.A.E.*, 21 (37): 11-15, jun. 1960.
24. PHELPS, E. B. — Stream sanitation. New York, Wiley & Sons, 1964.
25. RODRIGUES, J. M. C. — Estudos para aeração dos rios Tietê e Pinheiros: La parte — Levantamento das condições de poluição. São Paulo, Departamento de Águas e Esgotos, 1964. (mimeografado).
26. SAWYER, C. N. — Biological engineering in sewage treatment. *Sewage Wks J.*, 16: 925-935, 1944.
27. ———— Some aspects of phosphates in relation to lake fertilization. *Sewage ind. Wastes*, 24 (6): 768-776, Jun., 1952.
28. SELIGMANN, R. & REITLER, R. — Enteropathogens in water with low *Esch. coli* titer. *Jour. AWWA*, 57 (12): 1572-1574, Dec. 1965.
29. VICTORETTI, B. — Contribuição ao emprego de lagoas de estabilização como processo para depuração de esgotos domésticos. São Paulo, 1964. (Tese de docência-livre — Escola Politécnica da Univ. S. Paulo).
30. WISNIEWSKI, T. F. — Algae and their effects on dissolved oxygen and biochemical oxygen demand. (In Seminar on Oxygen Relationships in Streams, 1.º, 1957. Proceedings... Cincinnati, Robert A. Taft Sanitary Engineering Center, 1958. p. 157).
31. ZUGMAN, J. — Levantamento de dados sobre a ocorrência de algas na Represa do Rio Grande (Ramo da Represa Billings) em São Paulo, no município de São Bernardo do Campo. (inédito).