

Contribuição para o Estudo das Limitações Impostas pela Qualidade das Águas Naturais para o seu Aproveitamento

O Problema da Poluição de Águas e a sua Recuperação para uso em Sistema de Abastecimento de Água

PROF. ENG. JOSÉ MEICHES

Diretor de Divisão do DAE —

Secretário de Obras da Prefeitura Municipal de S. Paulo.

(tese apresentada para o concurso de Livre-Docência, da Cadeira de Saneamento da Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo — Nov./1964.)

1. INTRODUÇÃO

No decorrer de nossa atividade profissional de professor e engenheiro por diversas vezes temos tido ocasião de estudar e analisar o problema da escolha de um manancial abastecedor de água. As vezes a solução se apresenta evidente e óbvia, eliminando o debate e a discussão, permitindo decisão direta. No entanto, o oposto ocorre com relativa frequência com o aparecimento bastante comum de diversidade de pontos de vista e controvérsias, levando mesmo à criação de acendradas polémicas. Caracteristicamente esta é a situação a esperar quase que certamente quando se trata de solucionar o problema de grandes abastecimentos de água ⁽¹⁾.

É nosso objetivo discutir neste trabalho um aspecto da questão que tem dado origem a muitos desses debates: a qualidade das águas a aproveitar. É clássica a discussão água de serra versus água de rio, tradicional entre nós e também em outros países. Visamos focalizar ao largo das páginas que seguem as medidas de qualidade de água que tem sido aplicadas e a real significação dos resultados alcançados e que são empregados como parâmetros orientadores das escolhas e das recusas de mananciais. Paralelamente algumas outras questões relativas à garantia e à proteção da qualidade das águas naturais são comentadas e estudadas.

Embora o título que demos ao estudo permita entender que se trata de um exame geral das limitações impostas pela qualidade das águas naturais aos seus aproveitamentos para usos benéficos, esclarecemos que nosso esforço concentrou-se especialmente no aproveitamento destinado ao abastecimento urbano potável, isto é, destinado às popu-

lações urbanas. Não nos parece sensivelmente prejudicada a generalidade do estudo, uma vez que encaramos uma situação em que se precisa obter da água bruta um produto acabado de qualidade relativamente elevada e que pode também servir para muitas outras utilizações, como sejam, industriais, agrícolas, etc.

A escolha de mananciais abastecedores é estabelecida normalmente com base em fatores de quantidade disponível de água, qualidade da mesma e custo envolvidos no aproveitamento. A condição de volume necessário tem de ser inicialmente satisfeita para que as outras possam receber consideração. Dentre os mananciais que podem propiciar a quantidade requerida, se fará a escolha e para isso a qualidade e os custos correspondentes entram a pesar. Mananciais distantes, de qualidade muito boa, podem resolver o problema, com custos de transporte muito elevados. De outro lado, custos de transporte podem ser baixados, e surgirem os de tratamento, quando mananciais mais próximos do centro urbano a abastecer são cogitados, e isso porque exigidos pela poluição das águas que correm em regiões com certa densidade de populações estabelecidas na bacia; nestas circunstâncias o projetista tem de defrontar-se com o problema técnico de transformar a água encontrada em produto próprio para o consumo visado, e também às vezes com o fato de precisar oferecer solução que levantará o problema psicológico da repulsa dos consumidores gerada pelas origens conhecidas da água oferecida ao consumo. O projetista fica necessitado de informações que o habilitem a decidir se poderá obter do produto bruto ocorrido no manancial a água potável, como isso será feito, a que preço e com quais garantias à saúde e ao senso estético dos consumidores no que

se refere à cor, cheiro e gosto. Objetivamos transmitir neste trabalho as nossas observações sobre as práticas atuais em muitos lugares onde pudemos estagiar e estudar problemas dessa natureza e esperamos ainda uma vez que elas possam ser úteis aos sanitaristas.

O aspecto da eventual limitação imposta pela qualidade das águas naturais para o seu aproveitamento para uma dada finalidade de consumo representa uma área que merece melhor exploração para que projetistas possam ter melhores informações para suas decisões, especialmente quando se trata de águas com alto teor de poluição e o consumo requeira água de elevada qualidade. Esta é, pois, a modesta contribuição que este trabalho quer oferecer aos que se interessam pela Engenharia Sanitária, encaminhando paralelamente algumas idéias sobre o problema da poluição dos cursos de água e questões correlatas do controle dessa poluição.

Ao fim destas primeiras palavras de introdução, e em abono da importância existente na focalização do assunto nela tratado, desejamos deixar consignadas as palavras do discurso do professor Gordon M. Fair⁽²⁾ da Universidade de Harvard, nos Estados Unidos, pronunciado na 5.^a Conferência Sulina de Resíduos Municipais e Industriais na Universidade da Carolina do Norte (Fifth Southern Municipal and Industrial Wastes Conference) em 1956 e que apresentamos em tradução:

“A proteção e a preservação da pureza dos abastecimentos urbanos de água é o primeiro e mais alto dever dos engenheiros sanitaristas. Há pelo menos duas escolas de pensamentos relativas aos meios pelos quais essa responsabilidade pode ser preenchida. Uma escola, que teve seus primeiros protagonistas na Nova Inglaterra, acredita que a água, como o leite, deve provir de uma fonte limpa e ser conservada limpa; além disso, que, em correspondência à pasteurização do leite, a desinfecção deve constituir um aspecto adicional e não primário de segurança. A outra escola considera que os métodos modernos de tratamento podem submeter águas de mananciais altamente poluídos a processo de tal amplitude, que as levem a satisfazer todos os requisitos de higiene, estética e economia, e que a pré- e a pós-cloação conjuntamente com a coagulação e a filtração são adequados como defesas em profundidade contra moléstias de transmissão hídrica. A primeira escola requer que certas águas naturais sejam reservadas para água potável e talvez para aproveitamento hidro-elétrico e formas de recreação ou defesa da vida animal que não venham a degradar a qualidade da água. A segunda escola pensa provavelmente em termos de car-

gas máximas permissíveis de poluição nas estações de tratamento.

O conflito entre as duas escolas gira em torno do que tem sido chamado os conceitos de inocência e arrependimento. Uma escola insiste sobre a água inocente, a outra aceita a água arrependida. Justificação para uma água arrependida é o alto custo de abastecimento de águas limpas”.

Conforme veremos adiante, o problema existe também entre nós e é de máxima importância em algumas regiões mais desenvolvidas do país, revestindo-se pois de atualidade e interesse o seu exame e discussão pela aplicação direta a essas situações que serão evidenciadas.

2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

2.1 — Aspectos gerais concernentes à escolha de mananciais para centros urbanos

Como é fácil evidenciar, são extremamente variáveis as condições que ocorrem no tocante à escolha de mananciais abastecedores. Algumas cidades resolvem o problema com grande facilidade em virtude de sua proximidade a ocorrências naturais de água de grande volume e de qualidade muito boa; exemplo típico dessa circunstância é a cidade de Chicago, Illinois, nos Estados Unidos da América do Norte, estabelecida às margens do Lago Michigan, um dos Grandes Lagos. Para cidades como essa e muitas outras que ostentam situação semelhante, não se anteveem dificuldades para o futuro, quer no que toca à ampliação do aproveitamento do manancial, ou mesmo quanto à qualidade, embora esta requeira, via de regra, vigilância e proteção constante do manancial. No entanto, para muitas outras cidade, desejosas de estabelecerem um sistema de abastecimento, ou ampliarem os serviços existentes para atenderem às demandas das populações crescentes, da expansão industrial, da elevação do padrão de vida, etc., a situação é bem diversa. Uma fonte de problemas pode ser a dificuldade de obtenção de mananciais capazes de atenderem às necessidades, quer pela sua pequena capacidade ou mesmo pela concorrência existente entre os vários usuários do mesmo, tais como serviços urbanos de água, indústrias, aproveitamento hidro-elétrico, serviços de irrigação agrícola, etc.; além disso, no setor referente à qualidade de água podem surgir outras dificuldades, mais prováveis de aparecerem quanto mais desenvolvida a bacia hidrográfica do manancial. De fato, bacias onde há população elevada, ou que apresentam grandes concentrações in-

dustriais, ou mesmo intensamente aproveitadas para fins agrícolas, tendem a apresentar cursos de água poluídos pelas águas residuárias ou drenadas, podendo tal poluição dar origem a sérios problemas no aproveitamento das águas. Não nos ocorre melhor exemplo de cidade deste último tipo do que a nossa pujante cidade de São Paulo.

O nosso estudo versará sobre a questão das águas poluídas e o encaminhamento dos estudos de seu possível aproveitamento e problemas correlatos. A atualidade da matéria é marcada e a importância de sua consideração é tal que levou a existir no 5.º Congresso Internacional de Abastecimento de Água realizado em Berlim em 1961 um tema especial relativo à poluição das águas de superfície e subterrânea. A seguir apresentamos uma série de dados e informações por nós recolhidos em investigações efetuadas diretamente ou compiladas de experiências e descrições alheias que evidenciam claramente a extensão atingida pela poluição das águas naturais e a magnitude dos problemas originados por ela, justificando plenamente o interesse da presente análise do problema.

2.2 — Poluição de cursos de água capazes de servirem como mananciais

2.2.1 — Relatório do 5.º Congresso Internacional de Abastecimento (3)

Para examinar os tipos e causas de poluição que ameaçam as fontes de abastecimento de água potável, a Associação Internacional de Abastecimento de Água que doravante designaremos também por IWSA, designou relatores da matéria em 14 países e um relator geral que condensou os relatórios dos primeiros a fim de produzir um panorama geral. Apresentamos em seguida algumas das descrições de dificuldades relativas a abastecimentos derivados de águas superficiais, como sejam rios, lagos, reservatórios de acumulação, etc., e que ocorrem em vários dos países chamados a contribuir sobre a matéria.

“França — Há um crescente perigo decorrente da poluição de água superficial, embora no presente não se possa dizer onde este perigo começa ou que tendências futuras podem desdobrar-se. Dois perigos são evidentes no presente: a) a disseminação de doenças a virus em conexão com esgotos municipais, e b) a penetração de detergentes nos sistemas de purificação. Até aqui, não houve dificuldades. Resíduos líquidos industriais dão origem a prevenções na forma de cheiro e gôsto. O aumento no uso de adubos artificiais, inseticidas e herbicidas pode transformar-se em fonte de perigo.” São men-

cionadas, ainda, as possibilidades de lixo, óleos, combustíveis originarem problemas.

“Alemanha — Dificuldades tem surgido devido à poluição da água por águas residuárias das comunidades, indústrias e agricultura, e dos depósitos de lixo e resíduos. Recentemente, estas dificuldades tem sido aumentadas por detergentes, principalmente das residências. A principal consequência até aqui de se ter esgoto escoando para os cursos de água é a imposição de um excessivo esforço nas qualidades de auto-purificação do curso de água considerado, interferência com o teor de oxigênio, recorrencia de amônia e nitratos, e aumento do teor de nitrato, um aumento da salinidade nos rios, e deterioração quanto ao cheiro e gôsto. Os dois últimos fatores ainda são mais prejudicados por óleo e combustíveis.”

“Grã-Bretanha — Lagos, represas e reservatórios não precisam ser considerados, uma vez que em todos os casos estão a distância considerável de áreas construídas. Rios, no entanto, estão poluídos em muitos casos. A causa principal é esgoto proveniente de domicílios. Estes casos de poluição, entretanto, são menos frequentes do que eram há 100 anos atrás. No caso de resíduos industriais, várias substâncias estão envolvidas, especialmente nas águas residuárias da indústria química, das refinações de açúcar, das indústrias que processam a carne e o leite, dos cortumes, das fábricas de papel, etc.. A maior causa de complicações é o esgoto das indústrias metalúrgicas contendo cianogênio e cromo. Adubos artificiais podem aumentar o conteúdo de fosfatos e em consequência os crescimentos de algas. Refinarias de petróleo em geral não são fonte de perigo, uma vez que se situam na costa. Tem havido considerável aumento de depósitos de combustíveis, e consequentemente dos perigos que podem emanar de tais tanques de óleo (vazamentos, extravazão); há também alguma poluição resultante de acidentes de transporte. Tem havido recentemente dificuldades devidas a agentes sintéticos de limpeza com seu conteúdo de sais minerais, especialmente fosfatos e aditivos que dão origem a espuma. Outra dificuldade é causada pelas retiradas de água para fins de irrigação, pois isto reduz a quantidade de água nos cursos de água.”

“Holanda — As principais dificuldades derivam da poluição do Reno: bacteriológicas, orgânicas e inorgânicas. A causa é a drenagem para o Reno de águas residuárias não purificadas, ou inadequadamente purificadas, provenientes de comunidades e indústrias de fora da Holanda. Além disso, poluição por óleo e seus derivados está aumentando. Também há os perigos que podem resultar da colisão de veículos-tanques. As consequências começam a aparecer no aumento do teor de sais, deterioração de gôsto e odor, e na falta de oxigê-

nio; há também evidência de coloração causada por várias substâncias orgânicas.”

“Suécia — Dificuldades resultam da poluição de cursos de água devidas à drenagem de águas residuárias inadequadamente purificadas, provenientes de domicílios e indústrias. Esta poluição resulta num alto conteúdo bacteriano, grande quantidade de algas, alto teor de manganês e efeitos no gôsto e cheiro.”

“Estados Unidos da América do Norte — As dificuldades surgem da poluição de rios e lagos usados como mananciais de água por meio de águas residuárias de comunidades, fábricas e empresas agrícolas. Resíduos líquidos industriais contendo substâncias de forte cheiro e gôsto isto é, de fábricas de celulose e papel, a indústria do petróleo, e fábricas químicas — são predominantes aqui. Refinações de açúcar e fábricas de goma de batata estão também entre os ofensores. Outra causa de preocupação são as grandes firmas de carne e suas águas residuárias. No Meio-Oeste, a água de drenagem dos pastos e o uso sempre em aumento da amônia líquida estão originando o aumento do teor de nitrato nos rios. O uso de agentes aspersores das plantas em hortas está causando poluição que pode estar aumentando Resíduos da indústria de petróleo têm dado à água gôsto e cheiro oleosos.”

Japão, União Soviética, Noruega e outros relataram em Berlim os seus problemas de poluição, que em essência se aproximam daquilo que acima ficou dito para França, Alemanha, Grã-Bretanha, etc. e que decidimos reproduzir como figura no relatório citado, a fim de caracterizar a situação da poluição que se estende pelos países mais importantes do mundo.

O que acima aparece como descrição de caráter genérico para a situação de poluição de cursos de água em diversos países mereceu de nossa parte uma observação direta e de maior profundidade, examinando mais de perto alguns casos típicos, como sejam o rio Tâmsa na Inglaterra, o Sena na França, o Reno e afluentes na Holanda e Alemanha, o rio Ohio nos Estados Unidos, e outros, visando caracterizar o aproveitamento dos mesmos como mananciais de água potável e as circunstâncias em que isso se torna possível, assim como os métodos de tratamento utilizados. Assim, em diversas viagens realizadas ao exterior levantamos subsídios preciosos para nos auxiliar, no estudo que ora empreendemos, a par de nossa atividade participando dos trabalhos de um levantamento de condições de poluição reinantes nos rios Tietê e Pinheiros e na reprêsa Billings em São Paulo, cidade em que um importante programa de aproveitamento de água para refôrço de adução precisa ser desenvolvido. Nos parágrafos seguintes apresentamos os resultados das observações que diretamente efetuamos.

2.2.2. — A utilização do rio Tâmsa em Londres

O rio Tâmsa é a principal fonte de suprimento de água de Londres. A capital da Inglaterra apresenta consumo médio diário de 1,5 milhões de metros cúbicos, dos quais 2/3 são derivados do Tâmsa. O curso do rio é relativamente curto e antes de chegar aos pontos de tomada passa por áreas intensamente utilizadas para fins agrícolas e por zonas de grande densidade populacional e elevado desenvolvimento industrial, com cidades como Windsor, Oxford, Redding, etc.. A população que vive na bacia é da ordem de 3 milhões de pessoas, e a descarga final de esgotos domésticos e de resíduos líquidos industriais vem para o Tâmsa. As vazões mínimas do rio no seu ponto de aproveitamento são inferiores a 10 metros cúbicos por segundo, abaixo, pois, das necessidades da cidade. Alguns elementos fornecidos pelo Metropolitan Water Board (MWB) de Londres nos dão uma medida das condições das águas do Tâmsa (4) nos anos de 1959 e 1960, a saber:

a) **Exames bacteriológicos** — As médias mensais de contagens de coliformes oscilaram em 1959 de um mínimo de 865 por 100 mililitros (em Junho) a um máximo de 23 452 em Dezembro; em 1960 as cifras mínima e máxima por 100 mililitros foram 2 195 (ainda em Junho) e 19 455 (em Novembro).

b) **Análises químicas** — Reproduzimos abaixo as médias anuais apuradas em algumas das análises químicas de maior significação (as unidades são miligramas/litro):

	1959	1960
Nitrogênio Amoniacal	0,31	0,24
Nitrogênio Albuminóide	0,23	0,20
Nitrogênio (nitratos)	4,4	4,3
Fosfato (PO ₄)	1,0	0,95
Cloretos como cloro	29	26
BOD	4,5	3,4

O Tâmsa é um rio afetado por descargas poluidoras de esgotos, mas é conservado em condições razoáveis de utilização em virtude de amplo e enérgico programa de supervisão e contrôle dessas descargas por parte das autoridades encarregadas do contrôle da poluição, o assim chamado River Board; nessas circunstâncias o rio é aproveitado como manancial fornecedor, podendo suas águas após tratamento conveniente se converterem em água potável, inteiramente segura, embora sujeita às vêzes a ocorrências de gôsto e cheiro desagradáveis. Os reservatórios de água bruta de Londres e que se constituem em unidades de pré-tratamento apresentam algas das variedades *Microcystis*, *Anabaena*, *Os-*

ciatória, indicadoras de existência de poluição orgânica e que podem ser indicadas como responsáveis por cheiro e gosto.

2.2.3 — O Rio Sena em Paris

O Rio Sena é utilizado em Paris como via de transporte fluvial e também recebe descargas de esgotos a montante da cidade, assim como apresenta intensa atividade ao longo das margens. O aspecto do rio é muito mau no local onde suas águas são captadas pela Compagnie des Eaux de La Banlieue de Paris para as "Installations Filtrantes de Moint-Valérien;" amostras de água bruta aí colhidas mostraram coloração verde-marrom, turbidez elevada, grande proliferação de algas de variedades associadas à presença de poluição orgânica, matéria orgânica na proporção de 1 a 4 gramas por metro cúbico, teores elevados de amônia e nitrogênio nítrico, contagens elevadas de coliformes. O tratamento dessa água é relativamente difícil, mas ainda assim se obtém dela água potável que não oferece problema sanitário algum. É necessária a utilização de carvão ativado para controle de gosto e cheiro.

2.2.4 — O Rio Reno na Alemanha e Holanda e seus afluentes, os rios Emscher e Rhur

Atravessando diversos países, com bacia extensa e grande vazão, o Rio Reno mostra-se altamente poluído. No seu curso inferior, na Holanda, suas águas são aproveitadas para abastecimento de Amsterdam, Haya e Rotterdam, e nesse país é grande a apreensão em torno do crescente teor de impurezas nas águas do rio e da dificuldade cada vez maior para tratá-las e potabilizá-las; problemas de gosto e cheiro começam a aparecer, e todo esse conjunto de circunstâncias já levou à criação de entendimentos da Holanda com a Alemanha para instalação de um programa de controle de poluição. Neste último país, o alto grau de desenvolvimento industrial na bacia do rio Reno, onde também é elevada a concentração demográfica, traz como consequência o aumento dos volumes de descargas de resíduos líquidos industriais e de esgotos municipais e a deterioração da qualidade das águas, cuja utilização vai ficando mais difícil. Um dos afluentes do Reno, o rio Emscher, é um verdadeiro canal de esgotos a céu aberto, cujas águas apresentam uma demanda bioquímica de oxigênio (BOD) de 100 a 150 miligramas por litro; o efeito deletério de sua entrada no rio Reno é tão marcado que levou as autoridades alemãs a decidirem pela instalação de uma estação de tratamento de esgotos em ciclo completo (lodos ativados) para tratar o volume total do rio (vazão máxima esperada de 30 metros cúbicos por segundo). Atualmente, o rio Emscher está restrito à função de coletor de esgotos.

Na mesma região da Renânia do Norte encontra-se também o rio Rhur, cujas águas são aproveitadas para abastecimentos municipais e industriais. Processam-se no mesmo descargas de esgotos e caracteriza-se ao longo de seu curso por elevado grau de re-uso das águas. Somente mediante um dos programas mais completos de controle de poluição em existência no mundo é que se torna possível garantir o abastecimento a mais de 5 milhões de pessoas na bacia do Rhur e regiões vizinhas com água proveniente desse rio. Esse programa procura manter o Rhur e seus afluentes com BOD da ordem de 5 miligramas por litro, mas em ocasiões de estiagem o rio é praticamente resultante apenas de efluentes de esgotos, já tendo sido observados re-usos da água da ordem de 3 ou mais vezes.

A revista "Civil Engineering", publicada pela Sociedade Americana de Engenheiros Civis (American Society of Civil Engineers) em seu número de Fevereiro de 1964, à página 29, ofereceu um pequeno comentário sobre o Reno, classificando-o como "one of the world's most polluted streams", em razão da crescente concentração industrial às suas margens. Para exemplificar, diz a publicação, peixes colhidos no Reno antes de serem aproveitados precisam passar 4 semanas em um tanque de água de poço para desvanecer-se o cheiro de fenóis.

Infelizmente não há publicações referindo circunstâncias de re-uso de águas do Rhur junto a Essen em 1959, por ocasião de excepcional estiagem, ocasião em que as águas de abastecimento foram apenas provenientes de efluentes de esgotos tratados.

2.2.5. — A Bacia do Rio Ohio (Estados Unidos da América do Norte)

Para concluir este apanhado sobre cursos de água intensamente poluídos e extensamente aproveitados como mananciais, que tivemos oportunidade de estudar no exterior, escolhemos a bacia do Rio Ohio, de importância extraordinária para os estudiosos de problemas de poluição de cursos de água. Grandes marcos da história da Engenharia Sanitária estão associados a essa bacia, como sejam os estudos de Phelps que levaram à realização do livro "Stream Sanitation", as atividades do famoso Engineering Health Center (EHC) do United States Public Health Center, de que é sucessor o não menos famoso atual Robert A. Taft Sanitary Engineering Center, e também recentemente a ORSANCO, sigla correspondente a Ohio River Valley Water Sanitation Commission, que em seus 16 anos de vida realizou um dos maiores programas de controle de poluição já conhecidos. Basta referir que em 1948 menos de um por cento da população era servido por tratamento de esgotos, e a porcentagem hoje se eleva a mais de 90 por cento, conforme asseverado

em 1963 pela Associação Americana de Engenheiros Civis, que deu ao conjunto de obras e serviços da ORSANCO a palma de maior realização de engenharia do ano pela tarefa cumprida na correção e controle da poluição da bacia do rio Ohio no seu limitado período de existência.

O mais completo estudo já efetuado e publicado sobre condições de poluição de uma bacia hidrográfica é indubitavelmente o da bacia do rio Ohio, apresentado em publicação emanada da Câmara de Deputados dos Estados Unidos da América do Norte (5). Um rápido retrato da situação na bacia é contido nos parágrafos seguintes da obra citada (página 147 da 2.^a parte — volume que contém o Relatório do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos): “Além de fornecer água a mais de . . . 7.000.000 de pessoas e para processos industriais, os cursos de água da bacia do rio Ohio são usados para destino final dos esgotos de cerca de 8,5 milhões de pessoas, e cerca de 2/3 desses esgotos não recebem tratamento algum. Resíduos líquidos industriais com demanda de oxigênio equivalente à do esgoto proveniente de mais 10 milhões de pessoas tem acesso aos cursos de água. Os problemas de poluição tem complicação adicional pelo efeito de águas contendo 1,8 milhões de toneladas (americanas) de ácido por ano, que escoam ou são bombeadas de minas de carvão ativas ou abandonadas das extensas jazidas de carvão da bacia”. E ainda . . . “muitos abastecimentos de água domésticos e industriais sofrem os efeitos dessas substâncias poluidoras e surtos de moléstias intestinais, aparentemente de origem hídrica, tem ocorrido durante períodos de estiagem” (tradução nossa, do texto original inglês).

O principal curso de água é o rio Ohio, considerado um dos rios mais intensivamente usados nos Estados Unidos, com utilização das suas águas para abastecimentos municipais e industriais, para destino final de esgotos domésticos e resíduos industriais, para transporte e para recreação. Os maiores poluidores do rio são as cidades de Pittsburgh, Cincinnati e Louisville, observando-se intensa depressão de oxigênio abaixo de Cincinnati e Pittsburgh e altas contagens de coliformes inclusive em pontos de tomada de água; outros problemas sérios referem-se a gosto e cheiro e à acidez das águas. As determinações de número mais provável de coliformes acusaram regularmente em muitos trechos contagens muito superiores a 200 coliformes/mililitro; teores de fenóis muito acima de 1 parte por bilhão frequentemente aparecem nos resultados de investigação, o que representa grave prejuízo para o uso potável da água. Da evidência colhida resulta a conclusão textual:

“From the data presented it is apparent that the most important effect of pollution reaching the

Ohio River is the unduly heavy bacterial loading placed on many of the 30 water purification plants along the stream. Effects of somewhat lesser importance are the taste and odor difficulties at the water plants, the general loss of recreational values, the occasional destruction of fish life and the nuisance conditions due to occasional oxygen depletion below the largest cities, and to scum, floating solids, and discoloration of the stream at these and many smaller places.”

2.2.6 — A Bacia do Rio Paraíba

A elevada importância da bacia do Rio Paraíba, que envolve amplas áreas dos territórios dos estados de São Paulo, Minas Gerais e do Rio de Janeiro, faz com que especial atenção tenha sido dada em anos recentes ao planejamento do seu aproveitamento integral. Os estudos de caracterização da qualidade sanitária das águas da bacia e muito particularmente as do Rio Paraíba tem sido conduzidos com certa regularidade desde 1954, quando o Engenheiro Francisco Saturnino de Brito realizou uma série de análises (ver Revista do Clube de Engenharia, Guanabara, Novembro 1955), vindo a seguir os estudos do Departamento de Obras Sanitárias de São Paulo em conjugação com o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e finalmente as análises realizadas pelo Laboratório do Vale do Paraíba do DAEE em 1960-1961 (6). As conclusões relativas ao estado sanitário do Paraíba evidenciadas neste último trabalho (6), assim como em outros a ele anteriores, (7) indicam a existência de condições de poluição bacteriana no rio, onde em diversos trechos as contagens de coliformes revelaram resultados excedendo amplamente o clássico limite de 20.000 coliformes em 100 mililitros, que frequentemente é adotado como possibilidade extrema de aproveitamento de uma água natural para fins potáveis (com obrigatoriedade de tratamento que deve incluir pré-cloração ou desinfecção prévia). Nas proximidades de tomadas de água foram observados índices de 28 a praticamente . . . 60.000 coliformes por 100 mililitros no Paraíba do Sul, e a situação observada tende a agravar-se com o crescimento da população no Vale do Paraíba e também das construções de novas indústrias. A poluição bioquímica não atinge maior importância por ora no Rio, onde as determinações de BOD indicaram valores baixos, permanecendo em geral abaixo de 3 miligramas/litro. As mais recentes determinações do teor de oxigênio dissolvido indicaram na situação mais crítica valores médios de 4,8 miligramas por litro, aparecendo porém amostras com teores inferiores a 4 miligramas por litro.

O Rio Paraíba tem suas águas aproveitadas para diversas finalidades, como sejam: abastecimento de água, irrigação, produção de energia, recreação,

pesca, receptor de esgotos e resíduos líquidos industriais, etc., e tem sido objeto de atenção constante de parte das entidades interessadas nessas utilizações. O Serviço do Vale do Paraíba do DAEE tem trabalhado no sentido de estabelecer um plano de aproveitamento integral dos recursos hídricos da Bacia no Estado de São Paulo. De outro lado, os interesses do Estado do Rio de Janeiro especialmente, e de Minas Gerais, assim como dos detentores de concessões de aproveitamento hidro-elétrico do rio, tem levado a um debate relativamente intenso sobre os efeitos dos planos delineados sobre as condições sanitárias do Paraíba. Observa-se que as conclusões sobre o estado atual da poluição e sobre as condições a esperar para o futuro esbarram em dificuldades de interpretação originadas dos padrões aplicados de qualidade de águas naturais, aos quais devem ser comparados os resultados das análises procedidas no rio. De fato, como bem observou o trabalho citado do DAEE (6), verifica-se que, embora elevados os valores do número mais provável de coliformes achados no Paraíba, muitas cidades usam suas águas para seu abastecimento tratando as águas por processos convencionais e sem recorrer à pré-cloração; em consequência, diz o autor: "Esse fato nos induziu a elaborar um programa objetivando analisar a redução sofrida pelo número de coliformes durante a operação de tratamento de água em algumas das instalações existentes no Vale. Note-se que a água distribuída ao consumo dessas cidades satisfaz rigorosamente às especificações adotadas, porém, a água bruta apresenta-se muitas vezes com valores do NMP de coliformes bastante superiores aos fixados pelas normas em vigor no Estado para sua aceitação em abastecimento público mediante simples tratamento."

E prossegue ainda: "Tal pesquisa, que julgamos devesse se estender para outras regiões distintas, poderá servir, de futuro, como subsídio para a fixação de valores mais significativos, para tais índices, uma vez que, os atualmente adotados, provêm de estudos realizados há-já alguns anos para o rio Ohio, na república norte-americana". Os critérios e padrões aplicados permitem as mais variadas interpretações.

A publicação do DAEE (6) manifesta uma gravidade de condições de poluição no rio, e a sua constatação é de certa forma semelhante às outras que anteriormente indicamos para outros rios e bacias em outros países. A qualificação de poluição pesada é aplicada quer para cursos de águas muito aproveitados, inclusive para abastecimento domésticos de água, assim como para outros que apenas são usados como receptores de esgotos e outras águas residuárias; os critérios aplicados para tal qualificação das águas são diversos, variáveis de país para país e de região para região, variando, às vezes, num mesmo país. A medida da poluição se torna pois relativa e difícil é então a comparação

das situações reinantes em bacias diversas; o processo geral de controle de poluição também se ressentete dessa imprecisão de critérios, o que leva a grande diversidade de orientações adotadas nas campanhas de controle de poluição. Assim, por exemplo, os princípios adotados na Inglaterra diferem dos alemães, ou da maior parte dos estados norte-americanos, muito embora, em alguns destes, os critérios adotados sejam quase idênticos aos dos ingleses.

2.3 — Comentário final

Ao fazermos neste capítulo uma revisão de várias situações de poluição de água que pudemos observar, visamos especificamente indicar quanto de qualitativo ainda existe na indicação de uma circunstância de poluição e quanto é relativa essa conceitualização de poluição relacionada a um desejado tipo de aproveitamento da água natural. Vimos que Londres, Paris e Amsterdam, por exemplo, recorrem a águas poluídas para seus abastecimentos, e o mesmo acontece com cidade do Vale do Paraíba; os números que medem a poluição nesses vários lugares são bastante diferentes, mas as conclusões a que levam são as mesmas em termos qualitativos, ainda que estejam situados acima e abaixo de índices usualmente indicados como limitadores do uso de água para fins potáveis. Isso é bem marcado, especialmente, no caso de organismos coliformes, mas observa-se também para aspectos da poluição orgânica, da poluição química, etc.. Essas observações tornaram-se de importância para nós quando envolvidos num problema específico importante, e que é o abastecimento de água da cidade de São Paulo; a definição de possíveis mananciais para a Capital do Estado levou-nos a estudar especialmente esse problema da limitação do aproveitamento de uma água imposta pela sua condição natural, como relataremos adiante.

Verificada a imprecisão das referências do aproveitamento de mananciais poluídos, concluímos pela necessidade de obtenção de uma forma mais definida de caracterização que permita estabelecer comparações numéricas das situações relatadas, assim como aquilatar os efeitos de métodos de controle e correção da poluição, levando inclusive a discussão de casos específicos a uma precisão sempre desejável no exame de problemas técnicos. Para tanto, faremos no capítulo que segue uma revisão de padrões e critérios que tem sido adotados entre nós e no exterior para caracterizar as águas, iniciando pelo exame dos padrões de potabilidade que nos definem as características desejáveis para a água de abastecimento, e passando a seguir aos diversos critérios que tem sido usados para águas naturais, a fim de estabelecer seus possíveis aproveitamentos.

Antes porém de encerrar o presente capítulo, desejamos mencionar um aspecto que nos parece re-

levante quanto à tácita aceitação atual de águas de abastecimento provenientes de mananciais reconhecidamente poluídos, embora, como vimos, a extensão dessa poluição seja altamente variável e imprecisa a medida da poluição. O fator psicológico citado com frequência como óbice a ser enfrentado pelos engenheiros sanitaristas quando levados a indicar como solução de um problema de abastecimento de água um manancial que recebe descargas ponderáveis e publicamente reconhecidas de esgotos, não nos parece tão formidável como repetidas vezes ouvimos mencionados; reconhecemos que o clássico debate "água de rio versus água de serra" ainda é de ser esperado e é bem-vindo numa discussão de alternativas possíveis para a solução do problema, mas em definitivo parece-nos superada, pelo melhor manejo existente da arte de relações públicas e divulgação das soluções adotadas, a existência de um veto das mesmas em razão daquele fator referido. Não só as cidades antes mencionadas, como também outras, como Chicago, Philadelphia, Cincinnati, Buenos Aires, São Paulo e outras grandes cidades do mundo, usam águas que receberam e recebem águas de esgoto, tratadas ou não, com conhecimento das suas populações e, muito embora reconheçamos que estas não se sintam jubilosas pelo fato, também não as encontramos revoltadas ou em protesto, aceitando as situações como derivadas de necessidades de vida urbana moderna e às vezes com a consciência de se saberem atendidas por serviços adequados de abastecimento de água que as cercam das melhores proteções de natureza sanitária, garantidores da saúde pública.

3. PADRÕES DE POTABILIDADE E CRITÉRIOS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS NATURAIS

3.1 — Generalidades

Ainda que tenhamos até aqui feito extensas referências à poluição e referido graus diversos da mesma, não nos detivemos a firmar um conceito ou definição, que reputamos necessário agora que pretendemos discutir a matéria representada pelo título acima. Definimos **poluição** como toda alteração da qualidade das águas naturais ocasionada por esgotos, resíduos líquidos industriais ou outros agentes, de forma a prejudicar o aproveitamento de tais águas para um ou mais usos benéficos a que possam ser destinadas.

À vista da definição anterior, concluímos pela necessidade de fixar dois marcos de qualidade: um que estabeleça as características que uma água deve ostentar para que possa ser utilizada para uma certa finalidade e o outro que regule as características limites de uma água natural para que esta possa ser transformada e atingir a caracterização da água própria para a utilização visada. Estaremos definindo

assim no caso do abastecimento doméstico os **Padrões de Potabilidade** que retratarão as características de uma água que pode ser consumida, e de outro lado teremos de estabelecer uma compilação o mais possível completa de informações sobre as concentrações limites de cada uma das eventuais substâncias poluidoras que possam ocorrer nas águas dos mananciais e comprometer o seu aproveitamento ainda quando tratadas por processos correntemente aceitos e economicamente ao alcance dos usuários.

Observa-se agora uma introdução de uma nova cláusula restritiva nas nossas considerações, e ela é de natureza econômica. Não podemos deixar de associar custos acessíveis às nossas ponderações, porquanto estamos cobrindo um assunto técnico-científico ligado ao uso e à defesa das águas naturais. As repercussões práticas de estudos como o presente são grandes, uma vez que a orientação adequada em face de problemas de poluição de águas pode significar a diferença entre estabelecer uma norma controlada e possível para o aproveitamento e desenvolvimento de uma bacia hidrográfica ou então cair dentro de um esquema menos adequado, cuja consequência pode ser uma estagnação regional de correção altamente custosa.

3.2 — Padrões de potabilidade da água

A utilização da água por seres humanos para bebida e outras atividades domésticas é encarada em geral como o mais importante uso da água. Recebe consideração especial no Código de Águas do Brasil a utilização da água para as assim chamadas "primeiras necessidades da vida" e tais águas são as águas comuns de todos (8). A importância desse uso, com prioridades de aquisição de direitos sobre a água, e especiais considerações de proteção sanitária dos mananciais, não significa no entanto que essas águas correspondem as mais rígidas condições de qualidade para que possa ser consumida; há águas para fins industriais que precisam ser muito mais puras do que as de consumo potável. Apesar disso, decidimos, como já foi dito anteriormente, limitar neste trabalho a discussão do problema de qualidade de águas naturais visando a finalidade de seu aproveitamento para o uso mais relevante, o uso potável. Iniciaremos pois a nossa análise procurando definir as características que a água deve apresentar para poder ser considerada própria para consumo de seres humanos. Essa definição vem a ser denominada entre nós **Padrão de Potabilidade** (para os norte-americanos chama-se *Drinking Water Standards*), e representa a meta que se deseja atingir partindo de uma água natural; nosso exame prosseguirá adiante na verificação das condições em que águas naturais devem ser mantidas para que tal meta possa ser atingida.

3.2.1 — Padrões de Potabilidade nos Estados Unidos da América do Norte

Os padrões de potabilidade não são absolutos, fixos e imutáveis. Muito ao contrário, a qualidade da água própria para consumo tem sido padronizada num processo que tem característica histórica dinâmica, tal característica sendo expressa por mudanças nas especificações desde que originalmente promulgadas, como bem demonstra o histórico dos padrões de potabilidade nos Estados Unidos da América do Norte. Estes padrões tem tido amplo uso, muito embora em seu país de origem tenham sido estabelecidos para o caso específico do abastecimento de água nos transportes inter-estaduais e outros sujeitos aos Regulamentos Federais de Quarentena; nos Estados Unidos foram porém aceitos pela American Water Works Association e pela maioria dos Departamentos Estaduais de Saúde como critérios para todos os serviços públicos de abastecimento. Foram também adaptados algumas vezes ou literalmente adotados em diversos países, como resultado do impacto de programas de saneamento e educação no campo da Saúde Pública com a cooperação dos Estados Unidos, como exemplificado no Brasil pelas realizações do Serviço Especial de Saúde Pública (SESP). Os padrões americanos retrocedem a 1914, tendo sido modificado posteriormente em 1925, 1942, 1946 e finalmente em 1962; o magnífico livro da American Water Works Association, "Water Quality and Treatment" (9) apresenta um atabela interessante em sua página 72, onde compara os padrões de 1925, 1942 e 1946 no que se refere à consideração de elementos químicos na água e as alterações de critério havidas com o tempo (ver também referência 12 — página 89, que inclui os padrões de 1962 na comparação). O texto da última versão dos United States Public Health Service Drinking Water Standards pode ser encontrado na literatura técnica em várias publicações das quais fazemos referência a uma ao fim deste trabalho (10); são diversas as modificações de importância nestes Padrões mais recentes, que acabarão por repercutir na prática de engenharia sanitária em muitos países e por tal razão nos estenderemos um pouco mais comentando-os e à orientação seguida na última revisão.

Os padrões americanos ora em vigor apresentam quatro conjuntos de especificações de qualidade: Qualidade bacteriológica, Características físicas, Características químicas e Radioatividade; as quantidades expressas constituem base para a rejeição da água às vezes, e em outras exprimem limites recomendados que não devem ser excedidos, por causa das objeções partidas de número considerável de pessoas quando tal fato ocorra (11). Aliás, o conteúdo desta última fonte de referência indicada (11) é altamente interessante na revelação dos critérios que orientaram a Comissão Conselheira da revisão dos

padrões de 1946 nos Estados Unidos; repercute nela a nota relativa ao conhecimento que ainda é necessário obter com vistas às relações entre aspectos biológico, químico, físico e radiológico da qualidade da água e a saúde. O problema dos compostos químicos eventualmente prejudiciais à saúde na água potável foi considerado, mas nenhuma ação específica foi possível para muitos deles (caso especial de inseticidas) por causa de falta mais completa de informações. Em resumo, as hipóteses básicas que guiaram o desenvolvimento dos novos padrões foram:

1 — Abastecimentos domésticos de água devem proteger a saúde e promover o bem-estar dos indivíduos e da comunidade. Os padrões propostos são os requisitos mínimos para atingir esse objetivo.

2 — Estes requisitos mínimos devem ser baseados em parte na obediência de boas práticas de maneira a não encorajar nenhuma desnecessária contaminação da água potável (Exemplo: aplicação adequada de inseticidas visando evitar que atinjam águas a serem usadas).

3 — Em muitas regiões será necessário usar e re-usar a mesma água, e manter a qualidade assim como a quantidade.

Estes mesmos padrões merecem comentário interessante no magnífico estudo sobre Critérios de qualidade das águas publicado pelo Estado da Califórnia nos USA (12), e o reconhecimento de que faltam informações adequadas sobre os efeitos maléficos potenciais para a saúde de muitas substâncias encontradas em águas naturais e também nas tratadas.

3.2.2 — Padrões de Potabilidade em outros lugares do mundo

Conforme a mesma referência (12) assevera, poucos são os países do mundo que tem publicado guias nacionais relativos à qualidade de água potável. O Canadá e a Grã-Bretanha não os possuem, assim como muitos outros países; existem geralmente circulares internas ou mesmo diplomas legais de ação limitada. Neste particular citamos o Decreto n.º 33047 de 4/7/1958 do Estado de São Paulo, relativo à padronização das condições de potabilidade das águas de alimentação, que é reproduzido no Apêndice I ao final deste trabalho e que exprime uma adaptação da prática norte-americana consubstanciada nos Padrões de 1946, sem o benefício ainda da pesquisa local.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) tem desde 1958 uma atitude tomada promulgando os Padrões Internacionais de água potável, seguida pela publicação em 1961 dos Padrões Europeus de Água Potável. Esses padrões da OMS resultaram de vá-

rios seminários que reuniram engenheiros sanitárias europeus sob o patrocínio da Organização Mundial de Saúde; foram promulgados os padrões em caráter experimental e para serem oportunamente modificados, se necessário. Também foram objeto de padronização os métodos analíticos a serem empregados. Na edição dos Padrões Europeus há um prefácio que diz: "Os Padrões Internacionais de Água Potável estabelecem padrões mínimos que são considerados ao alcance de todos os países do mundo no presente momento. Em vista da diferente capacidade econômica e tecnológica dos diversos países, haverá áreas em que padrões mais elevados que os propostos para o mundo em conjunto possam ser atingidos — e tais áreas devem ser encorajadas para atingirem tais padrões mais elevados. Acredita-se que a Europa seja área dessa espécie e que portanto nada há de ilógico em estabelecer padrões superiores aos que internacionais na Europa. Um dos objetivos para que existam padrões é afinal o estímulo para progresso na qualidade da água e espera-se que a melhora em recursos econômicos e tecnológicos no mundo permitirá que padrões mais elevados do que os atualmente propostos sejam sugeridos no futuro para todo o mundo." (A tradução é nossa, do original citado na referência (12).)

É preciso cuidado ao comparar os valores numéricos dos Padrões da OMS com outros Padrões, uma vez que nem todas as comparações diretas são corretas, porque diferentes métodos analíticos podem ter sido empregados na obtenção dos valores a comparar. No que respeita a critério bacteriológico, os Padrões Internacionais de OMS estabelecem que a média aritmética da densidade de coliformes não deverá ser maior do que 1 organismo por 100 mililitros de água; já os Padrões Europeus limitam a densidade média de coliformes a 1 organismo em 2 litros de água. Os números de coliformes são pois praticamente idênticos aos dos Padrões Norte-Americanos no caso dos Padrões Internacionais, e os Europeus são um vigésimo desses valores norte-americanos e internacionais.

Os Padrões Internacionais são aceitos ainda universalmente. Existem circunstâncias a favor e contra seu estabelecimento, que foram ponderadas nos Seminários Europeus que já referimos (13); o autor Corti recomendou duas linhas de pesquisa a serem seguidas: uma para definir os requisitos para uma boa água potável e a segunda para desenvolver técnicas de laboratório para devida caracterização da qualidade da água. A decisão das reuniões foi, porém, a de promulgar os Padrões já antes comentados.

3.2.3 — Comentários sobre os Padrões de Potabilidade

Um primeiro aspecto que vale a pena ressaltar é o que sobressai das afirmativas dos sanitaristas

norte-americanos e dos europeus: os conhecimentos de que dispomos no presente tornam necessária pesquisa continuada para o estabelecimento de números mais adequados destinados a definir a água potável e os limites de tolerância relativos às suas características biológicas, físicas, químicas e agora também radioativas, bem como também dos métodos analíticos padronizados que permitam tornar comparáveis os resultados dos exames efetuados. Não existem ainda padrões inexpugnáveis ou que nos ofereçam absoluta garantia de qualidade para a água se esta obedecer a eles. Expressões desta situação apareceram em diversos trabalhos apresentados à Conferência Nacional sobre Poluição de Água nos Estados Unidos em 1960 (14), exemplificadas nas comunicações de Forster (página 16), do professor Pearson (páginas 407 e 418), Dr. Zapp (páginas 424 a 433) e nas discussões das mesmas.

Na verdade em todos os padrões disponíveis existe um verdadeiro fator de segurança. Não temos dúvida de que para os fins de controle da água e a conveniente administração dos serviços de abastecimento os Padrões de Potabilidade são necessários, mas o que o público em geral e mesmo os utilizadores dos padrões muitas vezes deixam de apreciar é que tais padrões incorporam um acôrdo. Estes são aspectos levantados por Kaufman, brilhante sanitarista americano (15), que indica textualmente reconhecer entre as coisas incluídas no acôrdo "pequenos mas geralmente aceitáveis riscos para a saúde" (textualmente "small, but generally acceptable risks to health"). O padrão de qualidade bacteriológica do United States Public Health Service "Drinking-Water Standards" representa uma expressão do que se pode chamar um "risco calculado". Nesse sentido também é valioso o comentário de Fair e Geyer (16) sobre o assunto:

"Nevertheless, the generalized standard of approximately 1 coliform organism in 100 ml of water is, in a sense, a standard of expediency: it does not exclude entirely the possibility of acquiring an intestinal infection. The standard is one that can be attained (1) by the economic development of available water supplies, their disinfection and, if need be, treatment in purification works by economically feasible methods and (2) by the economic development of waste-water disposal systems including the necessary degree of treatment of the waste waters in suitable works by economically feasible processes."

Esses autores nos mostram a seguir algumas relações numéricas e uma demonstração de que mesmo nas condições de saneamento vigentes na América do Norte existe a possibilidade de se contrair a febre tifóide pela ingestão de água tratada enquadrada nos Padrões de Potabilidade e concluem:

“Three lessons may be drawn from a calculation such as this: (1) that the current coliform standard of water quality is by no means a standard of perfection but, as previously suggested, a standard of expediency **which offers, as it has in the past, a challenge for improvement;** (2) that it is hardly practicable to develop a direct test for a specific pathogen such as *S. typhosa*; and (3) that **an acceptable standard should be related to the prevalence of water-borne disease in the region in which the standard is to apply**”. (Os grifos são nossos e destacam aspectos onde pesquisas são necessárias para a obtenção de padrões de potabilidade mais perfeitos).

Quando examinamos os Padrões de Potabilidade no que tange aos constituintes químicos, verificamos que os limites e tolerâncias especificados que já vimos terem sofrido variação no tempo, também variam no espaço, como se observa na comparação dos Padrões Americanos, Europeus e Internacionais ((12) — página 91). Deve ser ressaltado aqui o fato de que praticamente todos os padrões até aqui existentes são limitados nas substâncias químicas neles referidas, já tendo sido mencionado anteriormente que novas substâncias tem sido observadas nas águas tratadas e **que pesquisa adicional se torna necessária para caracterizar seus eventuais efeitos nos organismos humanos;** o fato de que o conhecimento atual sobre os efeitos de produtos químicos é menor do que o desejável levou entidades como a ORSANCO a encomendar estudos de grande amplitude nesse sentido aos Laboratórios Kettering em Cincinnati, ou o Estado da Califórnia a contratar com o W. M. Keck Laboratory of Environmental Health Engineering do Instituto Tecnológico da Califórnia (California Institute of Technology) a monumental investigação da literatura técnica e científica relativa a critérios de qualidade de água para vários possíveis usos da água. O que se constata atualmente é que os efeitos biológicos de muitas substâncias encontradas na água foram avaliados numa extensão muito limitada, o que nos traz de volta ao fato de que embora as águas ostentem um selo de aceitação sob os Padrões em vigor, o que existe na realidade é o risco calculado já antes mencionado. Aliás, das pesquisas mais recentes efetuadas no Robert A. Taft Sanitary Engineering Center surgiu na mais recente edição do “U S P H S Drinking-Water Standards” a adoção de uma técnica de filtração no carvão (“carbon filter technique”) e de um padrão não-específico de critério analítico para servir de alarme contra a toxidez das substâncias achadas na água em proporções mínimas e para as quais não há padrões específicos. Embora essa técnica não seja a ideal, Ettinger (17) a considera como a que mais se aproxima do desejável, e que representa o melhor atualmente possível para cobrir de maior segurança a utilização da água.

Não desejamos levar êste comentário mais longe, mas ainda como menção final é importante indicar que as incertezas e necessidades de pesquisa cobrem as áreas referentes a gosto e cheiro (18, 19) nas águas e também agora a radioatividade passa a constituir motivo de preocupação e consequentemente de investigação e padronização.

O que acima foi evidenciado e discutido visou colocar a questão dos Padrões de Potabilidade em perspectiva exata. Seu aspecto normativo é desejável e necessário, mas considerá-los como regras blindadas e inexpugnáveis constitui um excesso não autorizado pelo nível atual de conhecimentos que possuímos e tão pouco pelas circunstâncias observadas na prática. A conclusão óbvia a ser tirada é a que foi apontada repetidas vezes acima acerca de necessidade de pesquisa e investigação continuada que deve ser procedida em extensão tal que cubra todos os países do mundo; o que até hoje tem sido feito com a adoção em muitos países de Padrões emanados de países mais adiantados merece revisão e escrutínio mais profundo tendente a levar à formulação mais adequada às condições locais. Para os países que lutam para escapar ao subdesenvolvimento e onde a construção de sistemas de abastecimento de água representa importante aspecto do desenvolvimento básico, caso atual do Brasil, parece-nos justificado plenamente que seja dada ênfase especial ao estabelecimento de aspectos normativos bem adaptados às condições vigentes. Diga-se de passagem que esta seria uma importante tarefa a ser atribuída entre nós a um Centro de Pesquisas de Engenharia Sanitária, cuja criação está em cogitação na Universidade de São Paulo e que representa real necessidade para o Brasil.

3.3 — Critérios de qualidade das águas naturais

Para as atividades de Engenharia Sanitária voltadas para a execução de programas de controle de poluição de águas naturais visando garantir a possibilidade de seu aproveitamento como manancial para um abastecimento potável, torna-se de especial interesse a matéria cuja discussão abordamos no presente parágrafo e nos que se seguem. As linhas gerais que seguiremos focalizam um uso apenas da água, mas o método utilizado poderá ser aplicado para outros usos, com a mudança apenas dos valores numéricos. Abordaremos inicialmente os padrões formais promulgados por diversas entidades e autoridades, e a seguir indicaremos outras orientações que tem sido adotadas também, comentando-as todas afinal.

Como esclarecimento desejamos dizer que usaremos também a expressão **águas brutas** para indicar as águas como aparecem no estado natural, ante seu aproveitamento e eventual tratamento.

3.3.1 — Padrões de qualidades das águas naturais

Como natural consequência do grande incremento das atividades de controle de poluição nos Estados Unidos da América do Norte, observamos neste país a existência de numerosas entidades que se preocupam com a promulgação de padrões de qualidade de água bruta, a começar pelo United States Public Health Service (USPHS), que é o serviço federal de saúde pública, seguido por agências estaduais ou inter-estaduais, como seja a New England Interstate Water Pollution Control Commission (Nova Inglaterra), a Interstate Commission on the Potomac River Basin (bacia do rio Potomac que atravessa a Capital Americana), Pollution Control Council Pacific Northwest Area (Zona do Pacífico Noroeste), a Interstate Commission on the Delaware River (bacia do rio Delaware) e os estados de Maine, Montana, New York, etc.. Os textos desses padrões podem ser consultados na referência indicada sob número (12), na forma de apêndices ao Capítulo III e no Apêndice Q, mas à vista de seguirem uma certa padronização é possível resumí-los e apresentá-los em sumário, conforme se vê no Quadro I a seguir (tração da Table 5-3, referência (12) página 93).

Os textos dos padrões de qualidade dos rios sob a jurisdição da Comissão Interestadual de Controle

de Poluição das Águas de Nova Inglaterra, EE.UU., e da Bacia hidrográfica do rio Ohio são típicos e estão reproduzidos também nos Apêndices II e III deste nosso trabalho na forma com que foram traduzidos para um curioso estudo feito há alguns anos para o rio Paraíba (20), e onde era abordado o problema de fixação dos Padrões de qualidade da água do rio. Ao tempo a lei destinada ao controle de poluição no Estado de São Paulo, que leva o n.º 2182, de 23 de julho de 1953, ainda não sofrera regulamentação e não existiam padrões de qualidade próprios do Estado de São Paulo para neles se apoiar o estudo referido; posteriormente, através do Decreto estadual n.º 24.806, de 25 de julho de 1955, foi regulamentada a lei e estabelecida uma distribuição das águas do Estado em 6 classes, sendo o enquadramento em cada classe baseado em características tais como oxigênio dissolvido, BOD, número mais provável de coliformes, e assim por diante. O texto das leis estaduais de São Paulo relativas a controle de poluição e o decreto acima citado são reproduzidos como apêndices IV e V deste trabalho.

Outras orientações existem, porém, sobre a maneira de encarar as águas naturais. Assim, por exemplo, na Grã-Bretanha não surgem os padrões rigorosos para elas, como se constata através das seguintes palavras que retratam a prática britânica (21):

QUADRO I

Escala de Padrões aplicáveis a águas naturais destinadas ao abastecimento de água potável (Padrões promulgados por Entidades Governamentais Norte-Americanas)

Constituinte	ótimo manancial, necessitando apenas de desinfecção como tratamento	Bom manancial, necessitando apenas tratamento comum, como filtração e desinfecção	Manancial precário, necessitando tratamento especial e desinfecção
BOD (5 dias) mg/l Média mensal ...	0,75-1,5	1,5-2,5	acima de 2,5
máximo (dia, ou amostra)	1,0 -3,0	3,0-4,0	acima de 4,0
NMP coliformes por 100 ml média mensal	50-100	50-5.000	acima de 5.000
máximo (dia ou amostra)	menos de 5% acima de 100	menos de 20% acima de 5.000	menos de 5% acima de 20.000
Oxigênio dissolvido (OD) mg/l médio	4,0 -7,5	4,0-6,5	4,0
% saturação	75% ou mais	60% ou mais
pH médio	6,0 -8,5	5,0-9,0	3,8-10,5
Cloretos, máximo mg/l	50 ou menos	50-250	mais de 250
Fluoretos, mg/l	menos de 1,5	1,5-3,0	acima de 3,0
Compostos fenólicos, máximo mg/l ..	Nada	0,005	mais de 0,005
Cor, unidades	0-20	20-150	mais de 150
Turbidez, unidades	0-10	10-250	mais de 250

"No rigid principle governs the acceptance or rejection of a river as a suitable source of drinking water... It is the experience of water authorities obtaining supplies from rivers that water of a very wide range of quality can, after filtration, sterilization, and in some cases, storage before filtration, provide supplies of satisfactory purity..."

O Estado da Califórnia nos Estados Unidos da América do Norte, manifestando grande preocupação com os problemas concernentes aos seus recursos hídricos, estabeleceu legislação referente ao controle da poluição das águas em que a orientação é o estudo "caso por caso" de cada problema de poluição, sendo os requisitos de controle baseados no aspecto econômico de tratamentos de resíduos e na injúria a possíveis usos benéficos das águas poluídas. Essa forma de proceder elimina as determinações amplas que atingem todo o estado ou regiões muito amplas, e também não admite padrões rígidos de qualidade das águas dos rios e as classificações dos cursos de água. Essa orientação traz ainda a necessidade de um julgamento inteligente por parte das autoridades, fundado nas informações mais recentes e completas sobre as tolerâncias e quantidades limites de cada substância potencialmente poluidora, tendo em vista cada uso benéfico de água e, em particular, o uso para abastecimento público potável. Em cada problema de poluição e em cada consideração de casos individuais não serão apenas o teor e o volume das substâncias poluidoras que intervirão, mas também os efeitos de pH, temperatura, mistura, diluição, sinergismos ou antagonismos, alterações químicas e biológicas e os requisitos de cada uso possível da água, que irão fazer-se sentir em combinação e em influências recíprocas com uma possível variedade quanto aos resultados finais. Realmente essa forma de encarar o problema levou à desconsideração de classificações ou padronização, e deu origem à consideração separada de cada caso com base em critérios de qualidade de água para os vários usos possíveis; em consequência, surgiu a empreitada atribuída ao Instituto Tecnológico da Califórnia de uma extensa investigação sobre esses critérios para garantir sólida base para o inteligente julgamento que acima referimos, e o fruto dessa empreitada é a obra denominada "Water Quality Criteria"(12), referência hoje obrigatória para quem desejar tratar informadamente dos problemas de poluição de água e da proteção e garantia dos aproveitamentos de águas naturais.

Conforme vimos acima, duas tendências se deparam face o problema de analisar um aproveitamento de água para fins potáveis (ou outros fins): a primeira, que se apoia em padrões de qualidade baixados por autoridades, classifica os cursos de água com limitações para seu aproveitamento dentro de uma pressuposta sistemática de que infringidos os padrões limitadores não será possível, por meio

de métodos correntes e economicamente acessíveis, obter como produto final água que satisfaça aos padrões de potabilidade correntes; a segunda, se reserva o direito de ponderar caso por caso as circunstâncias relativas aos aproveitamentos desejados, do que resulta um julgamento bastante mais flexível e que pode levar mais facilmente em conta os desenvolvimentos técnicos que se processam no campo da engenharia sanitária, bem como evita excessivo apoio em padrões com limites numéricos que podem ser contestados em sua validade. Nenhum exemplo será melhor para ilustrar este último ponto de vista do que o seguinte, referente a um dos números que mais tradicionalmente tem sido adotado para indicar se uma água pode ou não ser aproveitada: o Padrão referente às médias mensais de densidades de coliformes, que foi estabelecido no célebre United States Public Health Service Bulletin n.º 296, Manual of Recommended Water Sanitation Practice, e usado também no Brasil (22), assim como por numerosas entidades encarregadas de controle de poluição (Ver Quadro II).

Num trabalho de autoria de Graham Walton (23), foi estudada a relação dos métodos de tratamento com os limites para micro-organismos coliformes nas águas brutas e as conclusões textuais são:

"Indications are that current USPHS recommendations to the density of coliform organisms in raw waters acceptable for treatment in modern well operated plants are no longer applicable."

O autor é cuidadoso no indicar que os estudos devem ser completados antes de que as revisões sugeridas nos limites sejam recomendadas. Os resultados colhidos mostraram que embora as atuais reco-

QUADRO II

Limites de coliformes na água bruta destinada a abastecimento público

Média mensal limite de número de organismos coliformes por mililitro	Aplicabilidade em abastecimento público de água
0 a 0,5	mediante purificação por simples cloração
0,5 a 50	mediante purificação por filtração e post-cloração
50 a 200	duvidosa — inadequada à purificação mediante o tratamento convencional; necessidade de pré-tratamento (inaproveitável se maior do que 200 em mais de 5% das amostras)
mais de 200	não presta para tratamento

mendações sejam de que não mais do que 5% das amostras examinadas em qualquer mês não devam exceder 20.000 coliformes por 100 mililitros, muitas estações tem operado com médias mais altas que atingem até 2.000.000 NMP por 100 mililitros e produzido água que obedece aos Padrões de Potabilidade (USPHS).

Evidentemente é mais cômodo aplicar padrões numéricos e limites rígidos do que precisar ponderar condições locais peculiares, estabelecer em cada caso a significação dos fatores de poluição, recorrer a critérios de qualidade e procurar um procedimento mais racional. A adoção da segunda forma de ação exige uma dinâmica contínua de levantamento de informações, destinadas a completar os critérios de qualidade com a investigação de todos os possíveis agentes de poluição, caracterizando o que ocorrerá com eles no tratamento das águas e avaliando seus efeitos sobre os usuários da água tratada ao longo do tempo. Para dar direção adequada às investigações de campo e levantar os elementos realmente significativos para a análise de uma situação de águas poluídas e seu eventual aproveitamento, temos necessidade de elementos bastante mais completos do que os disponíveis atualmente. Um campo enorme está aberto para pesquisadores interessados nesses problemas e aí caracterizamos uma importante linha de ação para o Centro de Pesquisa de Engenharia Sanitária antes mencionado e que se cogita estabelecer na Universidade de São Paulo congregando suas Escolas de Engenharia e a Faculdade de Higiene e Saúde Pública.

Não desejamos, porém, encerrar esta breve discussão dos padrões de qualidade de águas naturais sem referir o relatório da Comissão Técnica de Poluição de Águas Superficiais da Associação Internacional de Abastecimento de Água (International Water Supply Association — IWSA), aprovado no V Congresso da IWSA realizado em 1961 em Berlim e contido no volume II dos "Proceedings" daquela reunião (ver referência 3), e modificado na reunião da Comissão realizada em Barcelona em Novembro de 1962. O texto completo resultante da reunião de Barcelona é apresentado como Apêndice a este trabalho, e dele nos interessa a orientação geral visando a defesa das águas superficiais e a conservação da poluição dentro de limites numéricos especificados a fim de permitir o uso da água para abastecimentos potáveis. Esses limites numéricos referem-se apenas a características físicas e químicas, substâncias tóxicas e radioatividade, não fazendo referência alguma a micro-organismos; num parágrafo cauteloso a Comissão indica a possibilidade desses limites numéricos precisarem de alterações, adições ou complementação em face de novos conhecimentos e investigações. A IWSA procura lançar assim uma fórmula para uma padronização de requisitos mínimos para uma água natural poder ser po-

tabilizada, como um brado de alerta e uma base para uma política de prevenção da crescente poluição das águas.

3.4 — Comentário final

Na revisão que fizemos anteriormente dos Padrões de Potabilidade das águas de abastecimento e dos critérios para julgamento das águas naturais destinadas a servirem de mananciais para abastecimento potável, procuramos objetivar a real natureza dos mesmos, seu significado e utilidade, e a necessidade existente de investigação e pesquisa com vistas a estabelecer números mais precisos e que espelhem realmente os fatores de importância sanitária para aceitação ou rejeição das águas. Vimos a existência de um reconhecimento de que não são satisfatórios os atuais padrões biológicos, físicos, químicos e também os radiológicos que estão na infância. O objetivo visado pela análise feita é o de colocar toda a questão em perspectiva adequada e facultar a procura de melhor orientação na procura de solução para a análise dos problemas de aproveitamento de cursos de água afetados por um determinado grau de poluição.

Parece-nos que no nível de conhecimentos atuais a melhor prática é a adotada pelos responsáveis pelos abastecimentos públicos de água na Grã-Bretanha e também aquela adotada pela Califórnia (USA) nos casos de poluição, que parecem oferecer a solução que melhor satisfaz às partes afetadas pelo problema. Uma forma feliz de exprimir as fundações dessas práticas surge nas palavras de Kaufman (15):

"Constitue ampla responsabilidade das agências controladoras das águas assegurar o mais completo e mais justo uso benéfico dos nossos recursos hídricos. Na administração da qualidade da água para obter os máximos usos e re-usos benéficos das águas, é essencial que entidades públicas e privadas integrem em suas políticas administrativas o conceito quase axiomático de que **qualquer** uso da água traz **algum** prejuízo de qualidade em termo dos interesses de algum usuário subsequente daquela água. Por exemplo, o simples pensamento de que uma parcela de um curso de água foi esgotado em época anterior é suficiente para prejudicar a qualidade do mesmo na mente de muitos consumidores e de algumas agências oficiais de controle. O fato de que essencialmente todas as águas tem essa dúvida característica em comum, proporciona pouca paz de espírito aos indivíduos mais sensíveis. Exemplos muito mais sérios e tangíveis de prejuízo de qualidade poderiam ser citados.

Afortunadamente há um axioma corolário que permite o uso e re-uso das águas sob circunstâncias geralmente aceitáveis. Uma re-

lação contínua existe entre a concentração de substâncias poluidoras na água consequentes ao seu uso e o prejuízo da qualidade daquela água para uso subsequente. Dessa forma, não há nenhum limite drástico de qualidade acima do qual a água é totalmente má ou abaixo do qual a água é perfeitamente boa. Este princípio serve para todas as substâncias poluidoras e todos os usos; desde a influência dos sólidos dissolvidos na produtividade e economia agrícola até a presença dos organismos coliformes e seu implícito risco de infecção entérica. É perfeitamente aceito que os padrões de qualidade da água são necessários para o controle organizado das águas, mas os administradores dos padrões e o público em geral frequentemente deixam de apreciar que os padrões incorporam um compromisso. Este compromisso inclui "perdas" econômicas e estéticas, e mesmo pequenos mas geralmente aceitáveis riscos à saúde." (Tradução do original inglês).

Os estudos dos mananciais e das condições de poluição de um curso de água deve ser feito com uma certa elasticidade que permitirá que as decisões adotadas sejam as melhores para as condições da região onde a água será usada. Não é apenas qualidade que é envolvida no processo, mas também outros fatores ponderáveis, dos quais destacamos especialmente quantidade e custo.

A imposição de procedimentos mais rígidos nos parece desvantajosa em face da orientação que proporciona a consideração de cada caso em separado pesando criteriosamente as circunstâncias envolvidas. É deveras interessante a existência de uma regra orientadora que consegue condições mínimas a serem mantidas em cursos de água visando permitir flexibilidade no seu uso benéfico (evidentemente não postulamos isso para cursos de água votados apenas à função de receptores de águas residuais), como indica a Comissão Técnica de Poluição de Águas da IWSA. No entanto, ir além dessas considerações, intentando uma classificação de cursos de água e ajustando padrões de qualidade para cada classe, não nos parece a melhor fórmula a adotar, embora talvez seja a mais cômoda para as autoridades. Numa região ou país em desenvolvimento é importante que o melhor carinho seja dado a seus recursos naturais, usando-os adequadamente e prevenindo de maneira cuidadosa sua preservação para o futuro, evitando a repetição de erros funestos ocorridos anteriormente em países que passaram por fase semelhante; isso pode ser feito mediante uma política inteligente de conservação das riquezas naturais, atenta a todas as variedades envolvidas, quer as referentes à riqueza considerada, quer as da região e da sua população. O planejamento do aproveitamento melhor das águas é favorecido pela liberdade que

possa ter o planejador se não ficar limitado por valores numéricos de padrões que ainda têm muito de empírico, de imprecisão e que requerem ampla crítica e re-avaliação, além de serem omissos sobre aspectos suspeitos de terem ampla importância. Preferível é, pois, uma apreciação ponderada dos problemas com conhecimento das limitações existentes quando se deseja estabelecer uma decisão, do que decidir com o enquadramento numa situação cristalizada pelos padrões com uma aparente aura de certeza e segurança, que no entanto padece dos defeitos que já apontamos.

O Estado de São Paulo adotou na sua legislação de controle de poluição (ver apêndice IV deste trabalho) a fórmula de classificação de cursos de água. Estabeleceu classificação das águas do Estado de acordo com seu uso preponderante, e mandou fixar taxas de poluição admissíveis para os efluentes domésticos e industriais e os padrões de poluição para os corpos de águas receptores. Isso foi feito adaptando padrões estabelecidos em outros países, particularmente nos Estados Unidos da América do Norte. Infelizmente não possuímos elementos para julgar da felicidade ou não dessa orientação entre nós em virtude das vicissitudes pelas quais tem passado o Conselho Estadual de Controle de Poluição das Águas do Estado de São Paulo, que não tem podido, praticamente no curso de toda sua história, organizar-se adequadamente e aplicar a legislação vigente. Decorridos mais de dez anos da promulgação da lei, parece-nos, porém, que um dos obstáculos sérios a se opor à sua aplicação reside no problema do enquadramento dos rios e da definição dos seus usos preponderantes; uma mudança de orientação para a técnica de exame de "caso por caso", conforme antes enunciada, poderia talvez propiciar maior facilidade de ação às autoridades competentes, embora mais trabalhosa para cada situação individual. Deixamos esta observação como ponto que possa ser focalizado eventualmente numa revisão de critérios e leis a serem aplicados no Estado de São Paulo com vistas a dinamizar a ação de controle de poluição, que se faz necessária em face do desenvolvimento crescente do Estado.

(Continua no próximo número)

REFERÊNCIAS

- 1 — HIRSCHLEIFER, JACK, JAMES C. DE HAVEN, JEROME W. MILLIMAN, WATER SUPPLY — Economics, Technology and Policy, The University of Chicago Press, Chicago, ILL., USA, 1960.
- 2 — FAIR, GORDON M. — Discurso pronunciado no 5.º Congresso Sulino de Esgotos Municipais e Industriais (Fifth Southern Municipal and Industrial Wastes Conference) na Universidade da Carolina do Norte em 1956 (publicação ignorada).
- 3 — KUMPF, Dr. Ing. E.h.W. — relator geral, Subject n.º 2, The Pollution of Surface and Underground Waters, páginas 101 a 193 do Volume I, General

- Reports (Rapports Generaux) do 5.º Congresso (Fifth Congress) da International Water Supply Association (Association Internationale des Distributions d'Eau), realizado em Berlim de 29 de maio a 2 de junho de 1961.
- 4 — TAYLOR, E. WINDLE. Director of Water Examination, Metropolitan Water Board, Thirty-Ninth Report on the Results of the Bacteriological, Chemical and Biological Examination of the London Waters for the year 1959-1960. London, Metropolitan Water Board.
 - 5 — Ohio River Pollution Control — Letter from the Acting Secretary of War transmitting a letter from the Chief of Engineers, United States Army, date of May 4, 1943, forwarding a report, together with accompanying papers and illustrations, on a survey of the Ohio River and its tributaries for pollution control, authorized by Section 5 of the River and Harbor Act approved August 26, 1937 — Two parts (3 volumes), 78 th Congres, 1st Session, House Document n.º 266, Washington 1944, United States Government Printing Office.
 - 6 — VICTORETTI, BENOIT ALMEIDA — Contribuição ao estudo do controle sanitário das águas da Bacia do Rio Paraíba do Sul, no Estado de São Paulo, trabalho apresentado ao II Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, em Pôrto Alegre, Julho de 1963, publicado em "Offset" pelo Setor de Divulgação S.V.P. ETA, Projeto n.º 4 — Caixa Postal 26 — Taubaté, São Paulo.
 - 7 — Reuniões de Estudos e Debates sôbre Problemas do Vale do Paraíba, promovidos pelo Instituto de Engenharia de 29 a 30 de novembro de 1957, São Paulo, Imprensa Oficial do Estado, 1958, pág. 113 e seguintes.
 - 8 — Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Produção Mineral, Divisão de Águas, Código de Águas e Leis Subsequentes, Rio de Janeiro, Brasil, 1958.
 - 9 — American Water Works Association, Water Quality and Treatment, 2nd edition, New York 1951. The American Water Works Association, Inc..
 - 10 — U.S. Public Health Service. "Drinking Water Standards 1961", Journal American Water Works Association, L III (August, 1961), n.º 8, pp. 937-45.
 - 11 — HOPKINS, OMAR C. — "Attitude of U.S. Public Health Service in Development of Drinking Water Standards, 1961", Journal American Water Works Association L III, n.º 8 (August, 1961), pp. 946-50.
 - 12 — MCKEE, JACK EDWARD e HAROLD W. WOLF, — Editors, Water Quality Criteria, Second Edition, Sacramento, California 1963, The Resources Agency of California, State Water Quality Control Board, Publication n.º 3-A.
 - 13 — CORTI, U.A. — "Considerations involved in the Development of Internationall Drinking Water Standards", World Health Organization, 2nd Seminar for European Sanitary Engineers, Rome, Italy. 1951.
 - 14 — Proceedings, The National Conference on Water Pollution, Dec. 12-14, 1960. U.S. Department of Health, Educational Welfare. U.S. Government Printing Office. Washington 1961.
 - 15 — KAUFMAN, WARREN J. — "Recommended requirements for the Discharge of Treated Municipal Sewage", cópia mimeografada de um relatório preparado para o Santa Ana Regional Water Pollution Control Board, El Cerrito, California.
 - 16 — FAIR, GORDON MASKEW, JOHN CHARLES GEYER — Water Supply and Waste Water Disposal, John Wiley and Sons, New York. 1954.
 - 17 — ETTINGER, M. B. — "Proposed Toxicity Screening Procedure for Use in Protecting Drinking Water Quality", Journal American Water Works Association, L II n.º 6 — June 1960, pp. 689.
 - 18 — KINNEY, JOHN E. — "Evaluating the Taste and Odor Control Problem", Journal American Water Association, LII, n.º 4, April 1960, pp. 505.
 - 19 — KINNEY, JOHN E. — "Fusing the Phenol Frenzy", Water and Sewage Works, CVIII, n.º 4 (April 1961).
 - 20 — YASSUDA, EDUARDO R. JOSÉ MEICHES — Descargas mínimas, sanitariamente necessárias no rio Paraíba, entre as cidades de Santa Branca e São José dos Campos, em face ao projeto da Usina Hidrelétrica de Caraguatatuba, Revista DAE (do Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo), n.º 25, Julho 1954, Ano 15.
 - 21 — HOBBS, A. T. (ed.) — Manual of British Water Supply Practice, published for the Institution of Water Engineers by W. Heffer and Sons, Ltd., 1950, pp. 260.
 - 22 — United States Public Health Service: Normas Sanitárias para os Abastecimentos de Água; tradução de N. S. Barcellos, Ministério da Educação e Saúde, Serviço Especial de Saúde Pública, Divisão de Engenharia, Boletim Técnico n.º 2, Rio de Janeiro, 1951.
 - 23 — WALTON, GRAHAM — "Relation of Treatment Methods to Limits for Coliform Organisms in Raw Waters", Journal American Water Works Association, XLVIII, n.º 10 (October, 1956), pp. 1281-89.