

# Contrôle de Laboratório das Fontes de Abastecimento de Água (\*)

*Engenheiro H. W. Streeter*

Diretor de Saude Pública dos Estados Unidos da America do Norte

A importância do laboratório no controle sanitário das fontes de abastecimento de água cresceu consideravelmente durante as duas últimas décadas, muito embora venha sendo praticado há longos anos. No decorrer desse tempo, os métodos usados nos laboratórios passaram por numerosos aperfeiçoamentos e transformações e o seu campo de aplicação foi sendo continuamente alargado. Nos últimos anos, os métodos de controle de laboratório foram ampliados de modo a incluir não só o tratamento sanitário de água do abastecimento, mas também o controle do tratamento da água para fins específicos, tanto domésticos como industriais, sem relação direta com a sua segurança higiênica. Conquanto esta publicação trate principalmente dos métodos de controle em laboratório da água do abastecimento, não deixaremos de abordar, contudo, o que existe de novo com respeito ao tratamento da água para fins não sanitários como, por exemplo, a redução da dureza e o controle da corrosão.

Na pátria do autor, o controle de laboratório da água do abastecimento vem sendo praticado há cerca de 50 anos ou mais, sendo que a elaboração e o aperfeiçoamento dos métodos de controle têm estado associados com os seguintes desenvolvimentos:

1. A publicação, desde o ano de 1905, de oito edições do "Método Padrão para o Exame da Água e Esgotos", editada originariamente pelo comitê da "*American Public Health Association*" e editada atualmente em colaboração com a "*American Water Works Association*."
2. Os progressos obtidos no tratamento e no controle da água que se processaram em vários países, estimulando assim a pesquisa de métodos de laboratório cada vez mais aperfeiçoados.
3. Os progressos obtidos em geral no campo das ciências, na física, na química e na bacteriologia, responsáveis pela invenção de novos utensílios, aparelhos e técnicas, bem como de novas concepções no que diz respeito à sua aplicação ao controle da qualidade da água.

---

(\*) Trabalho apresentado à 1.<sup>a</sup> Conferência Inter-Americana Regional de Engenharia Sanitária (Junho, 1946).

4. O desenvolvimento dos padrões da água potável pela U.S. Public Health Service (Serviço de Saúde Pública dos E. U. A.) e a sua geral adoção por vários Estados como base para as suas especificações referentes à qualidade da água do abastecimento.

5. A crescente poluição das fontes superficiais de abastecimento d'água pelos esgotos e resíduos industriais, em conjunto com uma progressiva depleção e inquinação dos lençóis subterrâneos em certas regiões do país, tem contribuído para fazer ressaltar a necessidade da adoção de métodos de contrólé de laboratório sempre mais aperfeiçoados com relação aos problemas inerentes ao tratamento da água de abastecimento.

Os problemas mais comuns nos quais se pode aplicar o contrólé de laboratório na qualidade da água são os seguintes:

1. Proteção dos mananciais, quando o abastecimento provém de fontes superficiais.

2. Tratamento das fontes de abastecimento público, seja para a sua proteção sanitária, seja para a remoção dos vários constituintes ou característicos indesejáveis.

3. Proteção e tratamento das fontes de abastecimento d'água proveniente de lençóis subterrâneos.

4. Proteção da água nos sistemas de distribuição, inclusivé nos encanamentos e reservatórios de distribuição.

5. Tratamento da água para uso industrial e para outras aplicações, em que se exigem requisitos especiais.

Conquanto certos ensaios para fins de contrólé e suas aplicações sejam, a bem dizer, comuns a essas cinco categorias, a natureza de cada uma delas, bem como as questões técnicas a elas concernentes são tão distintas que justificam considerações em separado. Na parte dêsse trabalho que se segue, os problemas de contrólé de cada categoria, bem como os métodos usuais aplicáveis a alguns dêsses problemas, serão discutidos amplamente, entretanto do ponto de vista do engenheiro sanitarista, menos interessado nos detalhes referentes ao trabalho de laboratório do que na interpretação e a aplicação dêsses resultados e na seleção adequada dos métodos aplicáveis a cada tipo de problema.

### PROTEÇÃO DOS MANANCIAIS

A proteção sanitária das fontes de suprimento d'água oriundas de áreas de captação superficiais vem sendo estudada e praticada há muitos anos em várias das grandes cidades do meu país, tais como Nova Iorque, Boston e São Francisco. Em nova Iorque, a existência de uma população considerável e sempre crescente, localizada nas próprias bacias de onde são captadas as águas para o abastecimento urbano vem constituindo um problema sanitário difícil e cada vez mais complexo, particularmente pelo fato de que o tratamento da água do abastecimento vem se limitando a uma simples cloração. Por êsse

motivo, os métodos de tratamento sanitário e o seu contróle em laboratório seguidos em Nova Iorque são um bom exemplo do progresso alcançado nesse sentido.

A maior parte da água do abastecimento dessa cidade é de origem superficial e provém de três bacias principais, que foram ampliadas por meio de um extenso sistema de reservatórios. Exames de laboratório sistemáticos e frequentes da água entrada e saída desses reservatórios e da água proveniente de cursos tributários vêm sendo procedidos há muitos anos, seguidamente, incluindo análises químicas, bacteriológicas e biológicas. O registro dessas análises fornece uma série de condições normais com respeito à qualidade da água de cada um dos pontos em que são coletadas as amostras, de modo que qualquer anormalidade é imediatamente notada. Qualquer desvio dessas condições normais faz com que se proceda a uma investigação imediata, pois isso que indica a existência de condições anormais afetando a qualidade da água no ponto em que foi retirada a amostra. O exame químico da água nos vários pontos em que são coletadas as amostras inclúe a pesquisa de amônia livre, de nitritos, nitratos, sólidos totais e voláteis, cloro e oxigênio consumido, bem como da turbidéz, côr, alcalinidade e dureza total. Procedem-se, ainda, regularmente, exames de rotina nos efluentes das várias estações de tratamento de esgotos, estações essas que funcionam para a proteção da bacia. Exames bacteriológicos das águas correntes e dos reservatórios incluem a incubação por 24 horas e a contagem em placa a 37.<sup>o</sup> C e ensaios quantitativos de coli.

Os pequenos cursos d'água contendo drenagens de fazenda ou de pequenas vilas, estão sujeitos a um exame especial de bactérias coliformes.

Medida altamente importante no contróle de laboratório num sistema de reservatórios é o exame biológico sistemático da água de cada reservatório para a pesquisa de organismos que podem causar sabores e odores indesejáveis no efluente desse reservatório. Nos reservatórios de Nova Iorque, a identificação e a contagem desses organismos se faz sistematicamente, de modo a prevenir o aparecimento de floras indesejáveis. O tratamento protetor é obtido com o sulfato de cobre. Uma vez julgado necessário e procedido êsse tratamento, a água do reservatório passa a ser coletada e examinada durante um certo período de tempo, de modo a assegurar-se que o tratamento foi de fato eficiente. Dêsse modo, a invasão dos reservatórios pelo crescimento exagerado de microorganismos indesejáveis é prevenida e obstada.

Em geral, em todos os lugares em que se faz o tratamento da água represada, como acontece em numerosas cidades dos Estados Unidos, torna-se necessário exercer uma contínua vigilância no sentido de impedir o desenvolvimento de diátomos e de outros organismos que obstruem os filtros, além daquêles que causam sabores e odores. Esses organismos, quando predominantes, são muitas vezes respon-

sáveis pela redução da capacidade de descarga dos filtros, porque diminuem as calhas dos filtros fazendo aumentar, ao mesmo tempo, o volume da água filtrada necessária à lavagem dos mesmos. Durante certas estações do ano, é mister uma contínua vigilância para impedir que se estabeleçam essas condições.

Antes de concluirmos esta parte de nossa dissertação, julgamos oportuno fazer uma referência à coleta e ao transporte das amostras de água para exames bacteriológicos. Se a amostra tiver que ser coletada numa torneira ou num registro de uso frequente, é aconselhável deixar a água correr pelo menos durante cinco minutos e, em caso contrário, por tempo ainda maior. Iguais precauções serão adotadas, se a água tiver que ser coletada em bomba. Os frascos de amostras deverão ser escrupulosamente limpos e esterilizados por calor seco a 170.º C. pelo menos durante uma hora, ou autoclavados a 15 libras de pressão durante 15 minutos. O gargalo e a rolha deverão ser protegidos da poeira e de outras contaminações envolvendo-os em folhas de estanho ou de alumínio, ou, na falta desses, em papel apropriado, antes da esterilização. Quando as amostras forem coletadas em lagoas ou em rios, usar-se-á uma vara ou uma armação contrapesada ligada a um cabo ou a uma corrente. Há, em uso, vários dispositivos desse tipo. Ao coletar a amostra de um curso d'água, é mister todo cuidado ao mergulhar o frasco contra a corrente. Em virtudes das súbitas alterações por que pode passar o conteúdo bacteriológico da amostra, no caso desta ser conservada em temperaturas elevadas, aconselha-se o seu congelamento imediato, após a coleta e durante o transporte para o laboratório, se o exame não puder ser feito prontamente. As amostras congeladas mantidas em temperatura entre 6 a 10.º C. sofrem alterações mínimas em períodos de tempo até 12 horas.

### CONTRÔLE DO TRATAMENTO DA ÁGUA

Os objetivos fundamentais do contrôle da purificação da água são: 1. manter o tratamento eficiente e econômico, e 2. produzir um efluente final de qualidade uniforme aceitável, embora haja variações na qualidade da água bruta submetida ao tratamento. Alterações motivadas pelas estações do ano, especialmente na temperatura da água, causam às vezes complicações no contrôle do tratamento da água, porque tornam mais difícil a coagulação, havendo épocas em que a sedimentação se torna igualmente difícil.

O aparecimento de substâncias causadoras de sabores e odores na água submetida a tratamento é mais outro elemento de perturbação, geralmente relacionado com determinadas estações do ano.

Os exames de rotina para o contrôle da purificação da água incluem a contagem bacteriológica a 20.º C ou a 37.º C, a contagem de coli, os ensaios das características físicas como temperatura, turbidez e côr, ensaios químicos, como alcalinidade,  $p^H$ , dureza total e dos não

carbonatos, cloro residual, e determinações especiais de CO<sub>2</sub>, ferro, alumínio, etc., conforme as circunstâncias. A análise química dos combustíveis, coagulantes, hipocloritos, etc., ficam igualmente a cargo do laboratório da estação de tratamento.

A contagem bacteriológica a 37.º C, em meio de cultura padrão de agar-agar, após a incubação por 24 horas, é em geral, preferida à contagem a 20.º C. Para o ensaio de coli, o caldo padrão de lactose constitui o meio presuntivo normal e o caldo de lactose verde brilhante como meio confirmatório; todavia, outros laboratórios dão preferência ao Endo ou Eosina Azul de Metileno como meio de contraste para trabalhos confirmatórios, juntamente com a transplantação de colônias típicas para o caldo de lactose, para o ensaio final da formação de gases. O exame microscópico no meio aglutinante de Gram para indicar se organismos são gram-negativos, não formam esporulos e são desprovidos de movimento (non motile), completa o ensaio referente a este grupo.

Durante os últimos anos, o emprêgo do método do "número mais provável" para a contagem das bactérias coli observadas nos tubos de fermentação ganhou terreno; contudo, em alguns dos nossos pequenos laboratórios de exame de água a simplicidade do "Índice Phelps", particularmente quando é determinado por diluições de um único tubo, fez com que êle continuasse em vigor de preferência ao método do "número mais provável". A teoria em que se fundamenta a enumeração do "N. M. P.", descrita originariamente por MacGrady, é baseada na suposição duma distribuição fortuíta de organismos coli numa amostra, e da relativa probabilidade de que qualquer porção da água extraída de uma amostra possa conter a média verdadeira ali presente.

O número correspondente à probabilidade máxima numa série de amostras vem a ser "o número mais provável". Edições recentes dos "Métodos Padrão" têm trazido o "número mais provável" por ml. de uma amostra correspondente a várias séries de resultados positivos e negativos obtidos de culturas provenientes de diluições múltiplas de uma amostra em uma, duas, três e mais porções.

O "Índice Phelps" é o inverso da fração mínima de uma amostra com resultado coli positivo numa série de transplantações. Esse método baseia-se antes na uniformidade do que na fortuidade da distribuição das bactérias coli de uma amostra, e supõe ainda que a fração mínima possível dessa amostra deverá conter um único organismo do grupo. Suponhamos que uma série de concentrações de 0,001 ml., 0,01 ml., 0,1 ml. e 1,0 ml. retiradas de uma determinada amostra e que os resultados sejam negativos para 0,001 ml., e positivos para 0,01 ml. 0,1 ml. e 1,0 ml. Nesse caso, o Índice Phelps seria de  $1+0,01$ , ou 100 por mil.

Várias experiências com amostras de água contendo concentrações conhecidas de organismos coli têm demonstrado que o conceito da enumeração do N.M.P. é o mais preciso e o que dá resultados que mais

se aproximam do número verdadeiro de bactérias coli presentes numa amostra, dentro dos limites de erro.

Reconhecendo as deficiências de um método de contagem bacteriológica, baseado na fermentação em tubo de ensaio, de porções de amostras de várias grandezas, fizeram-se esforços no sentido de desenvolver um método de contagem direta em placa das bactérias coli. Alguns meios de cultura seletiva surgidos para esse fim têm produzido resultados razoavelmente bons em mãos altamente práticas. O método de contagem direta na placa apresenta, todavia, uma deficiência básica em trabalhos de rotina — é que êle não é suficientemente delicado para revelar densidades de coli na água potável de qualidade normal, salvo se volumes consideráveis de água (i. e. 100 ml. ou mais) forem transplantados para meios de cultura em placas. No caso de águas correntes ou de lagos contendo grandes quantidades de organismos coli, as possibilidades do emprêgo desse método são mais promissoras.

Mencionou-se, há pouco, os padrões bacteriológicos estabelecidos pelo U. S. Public Health Service para a água potável. Essas especificações exigem efetivamente que, em qualquer série mensal de exames de amostras, não mais de 10 % das porções de 10 ml. examinadas mostrem a presença de organismos de grupo coli. Admite-se que, ocasionalmente, amostras individuais possam mostrar resultados positivos em três ou mais de cada grupo de cinco amostras de 10 ml. retiradas de uma amostra padrão, contando que esse resultado não ocorra consecutivamente em mais de 5 % das amostras padrão quando 20 ou mais amostras são examinadas mensalmente, ou em mais de uma amostra quando menos de vinte amostras são examinadas por mês. A verdadeira significação dessas exigências é que uma determinada água potável não deve revelar um conteúdo médio em "Número mais provável" de mais de 1 por 100 ml. em números redondos, em qualquer mês, ou de mais de 9 por 100 ml. em mais de 5 % das amostras examinadas mensalmente. Esses mesmos padrões permitem o uso alternativo de porções de amostras de 100 ml., sendo nesse caso fixadas as porcentagens admissíveis da maneira a permitir os mesmos limites de densidade impostos nas culturas obtidas com amostras padrão de 100 ml. O confronto desse padrão com a classificação sugerida pelo Comité do Ministério da Saúde (1930) para a água na Inglaterra, denota que o limite estabelecido para coli em águas "altamente satisfatórias" e "satisfatórias" aproxima-se bastante das exigências impostas aos padrões acima descritos.

O contrôlo físico e químico da água submetido a tratamento depende, até certo ponto, do tipo e da finalidade desse tratamento. No caso da purificação para fins sanitários, como foi previamente assinalado, os ensaios físicos incluem usualmente a determinação da temperatura, turbidez, côr e odor perceptíveis, se houver. Os ensaios químicos incluem a determinação da alcalinidade, concentração do ion de

hidrogênio ( $p^H$ ), cloro residual, bem como a dureza total e a dureza dos não carbonatos, se o registro desse último constituinte for julgado importante em relação ao emprêgo doméstico ou industrial da água do abastecimento. Os exames biológicos da água natural (não submetida a tratamento) são necessários quando se percebem odores e sabores desusados na água, ou quando surgem as obstruções indevidas nos filtros. Algas e diátomos são particularmente responsáveis por esses dois fenômenos. Um exame de verificação da água natural para pesquisa de organismos responsáveis pelos sabores e pela obstrução nos filtros, a intervalos freqüentes, durante a estação em que predominam, é sempre aconselhável, como já assinalamos na parte referente à "Proteção da Bacia"; esses ensaios visam descobrir sinais precoces de crescimento de uma ou mais dessas espécies. Exames diários de rotina da água natural, clarificada, e filtrada, para determinação da côr e da turbidez, e das águas naturais filtradas, para determinar a alcalinidade e o  $p^H$ , e do efluente resultante, para a dosagem do cloro residual, são as exigências mínimas para o controle efetivo de uma estação de tratamento.

Quando a redução de dureza ou tratamento anti-oxidante é executado juntamente com a purificação, torna-se necessário um controle de rotina preciso e freqüente do conteúdo mineral e da estabilidade da água nos vários estágios do tratamento. Nesse sentido, as determinações de controle variarão de acôrdo com o tipo de tratamento. Assim, o tratamento por meio de hidróxidos de sódio e cálcio para a redução de dureza exige que se procedam verificações freqüentes (às vezes horárias) da dureza total dos carbonatos e dos não carbonatos na água natural e na água purificada, bem como determinações de carbonato monobásico e bicarbonato residuais e de alcalinidade cáustica na água purificada, determinações essas que são de grande importância para orientar o tratamento adequado da água. O  $p^H$  da água purificada é também um importante ensaio de rotina.

Em geral, procura-se reduzir a dureza da água para uso doméstico a uma dureza total 50 p. p. m. mais ou menos. A redução parcial de dureza por meio de hidróxido de cálcio removerá o bióxido de carbono livre, reduzirá a dureza em bicarbonato de cálcio e eliminará quase completamente o magnésio seja qual for a forma em que este se apresentar, em virtude do alto grau de insolubilidade do  $Mg(OH)_2$ . O método da cal em excesso, que consiste aumentar até cerca de 50 p. p. m. de alcalinidade cáustica, removerá o  $CO_2$  e a maior parte do carbonato, deixando um alto  $p^H$  (cerca de 10.5 ou mais). Comumente, o  $p^H$  da água purificada é reduzido pela recarbonação com o  $CO_2$ , a  $p^H$  9.4, ou pela mistura com a água natural. Esse método de tratamento produz um efluente de boa qualidade bacteriológica a temperaturas normais, graças ao acentuado efeito bactericida da causticidade excessiva. O método da cal e soda elimina a dureza produzida pela maioria de carbonato e de outros álcalis. Para o controle desse

método, é sempre desejável o ensaio em cuba, particularmente quando se torna necessário dosar um volume considerável de carbonato de sódio. O método da cal e soda pode ser controlado pela escolha de um  $p^H$  adequado, capaz de remover o cálcio da água sem uma redução excessiva no teor de magnésio. Isso é importante em certas aplicações industriais da água, quando o magnésio é desejável, e também para maior economia no tratamento.

O emprêgo de zeólitos de base mutável para a redução de dureza da água vem tomando incremento nas instalações municipais de tratamento, além de suas aplicações caseiras. Nesse processo, os zeólitos empregados pertencem ao grupo das matérias conhecidas sob a denominações de silicatos de alumínio, as quais têm a propriedade de permutar o seu ion de sódio pelos ions de cálcio e magnésio da água com a qual são postos em contato. Às vezes, quando se completa a substituição do sódio do zeólito pelo cálcio e magnésio, para a reação redutora, e o zeólito pode ser regenerado pela aplicação de uma solução concentrada de NaCl. A regeneração faz simplesmente reverter a reação redutora e restaura a propriedade original da permutação de base, por parte do zeólito. Esse processo pode ser continuado com uma pequena perda ou redução do material (cêrca de 3% por ano).

O ensaio principal usado para o contrôle do processo do zeólito é a determinação da dureza do efluente, por meio de uma solução padrão de sabão ou de uma solução mais concentrada. Após a regeneração, verifica-se a eliminação total da salmoura por meio do ensaio usual dos cloretos, usando-se uma solução normal de nitrato de prata com o cromato de potássio como indicador. Para verificar a eficiência de um amolecedor, são úteis os ensaios de  $p^H$ , alcalinidade, dureza total e dureza e dos não carbonatos em amostras compostas. Aconselha-se, igualmente, de quando em quando, o ensaio da estabilidade em carbonato fazendo-se o "Ensaio com mármore" que se descreve abaixo.

O contrôle da corrosão, atualmente praticado, consiste em regular de modo adequado o teor dos constituintes da água que causam corrosão dos metais, ou na introdução de substâncias que formam depósitos inibitivos nas tubulações e demais superfícies expostas à água. Entre os agentes corrosivos enérgicos das tubulações, acham-se incluídos o oxigênio e o bióxido de carbono dissolvidos bem como ácidos e sais ácidos, especialmente cloretos e sulfatos. Muitas águas corrosivas podem ser tratadas elevando-se o seu  $p^H$ . O tratamento de águas de baixo teor cálcico pela cal, e o tratamento pela sôda de águas duras, de baixa alcalinidade e pobres em  $CO_2$ , são eficientes. Um ensaio simples e diréto para determinar a baixa ou alta saturação de uma água contendo carbonato de cálcio é o ensaio com mármore, que consiste, resumidamente, em agitar uma amostra de água misturada com mármore em pó num balão, durante o período de 10 minutos ou mais, deixando depousar. Sedimentada a mistura, retira-se com uma pipeta



o volume necessário para a determinação do seu  $p^H$  e alcalinidade, que são comparados com os valores originais da amostra. Se a alteração fôr para mais, isso significa que a amostra original estava sul-saturada de cálcio abaixo do normal e, por conseguinte, era corrosiva. Se a alteração observada fôr para menos, isso indica uma super-saturação e, evidentemente, não-corrosiva. Uma água estável, submetida a êsse ensaio, jamais dissolverá ou liberará carbonato de cálcio. O ensaio poderá ser utilizado para calcular-se a quantidade de álcali necessário para estabelecer o equilíbrio em cálcio da água.

### CLORAÇÃO

O contrôle de laboratório da cloração da água inclui análises bacteriológicas destinadas à verificação da qualidade do efluente tratado, e ensaios químicos para determinar quando é atingida a concentração residual adequada em cloro ou cloramina na água submetida a tratamento, de modo a salvaguardar-se a sua qualidade. Em águas que exigem uma apreciável concentração de cloro, costuma-se proceder determinações freqüentes, destinadas a avaliar essa exigência. Desenvolvimentos recentes no processo da cloração residual simples resultaram em novos ensaios, ou em adaptações de ensaios anteriores, destinados a diferenciar o cloro ativo das cloraminas. Isso se explica pelo redescobrimento da ação bactericida acentuadamente maior do cloro em relação às cloraminas, tanto no que diz respeito à rapidez da ação, quanto à concentração mínima efetiva.

Os detalhes do contrôle pelo laboratório da purificação da água variam, até certo ponto, com o sistema e a finalidade do tratamento pelo cloro. O tratamento pelo cloro, considerado em si mesmo um método independente e completo de purificação da água, está sendo atualmente limitado, com poucas exceções, ao tratamento de fontes de água do sub-solo, para garantia sanitária, ou à água de abastecimento proveniente de lagos ou de reservatórios de acumulação submetidos a pouca ou nenhuma poluição humana. Esse tratamento é usado principalmente em conjunto com o tratamento pela filtração, e, em alguns casos, em estações de tratamento de coagulação e sedimentação desprovidas de flitros. A experiência tem demonstrado que as águas naturais que contêm um número médio de bactérias coli superior a 50 por ml., ou que exigem uma concentração alta ou variável de cloro, requerem, no geral, um tratamento mais completo do que uma simples cloração.

O ensaio da ortotolidina para a pesquisa do cloro residual é, talvez, numa estação de tratamento, o mais importante contrôle simples de que se pode dispor. Os seus detalhes são tão familiares que reputamos indispensável qualquer comentário. Em consequência das últimas descobertas relativas à maior eficiência do cloro livre em relação às cloraminas, tornou-se maior o interêsse por um ensaio capaz de

distinguir qualitativa e quantitativamente essas duas formas de cloro. Propuzeram-se três tipos de ensaios: 1: o ensaio instantâneo com a ortotolidina para a pesquisa do cloro livre, que se baseia no desenvolvimento instantâneo de uma cor em presença do cloro livre; 2: o ensaio com o arseniato associado à ortotolidina, que é vantajoso pelo fato de que a ortotolidina isolada indica tanto a presença do cloro livre como do cloro combinado, enquanto que a ortotolidina com arseniato de sódio reage apenas com o cloro combinado; 3: o uso da para-aminodimetil anilina, que não reage com cloraminas em  $p^H$  normais, e indica a presença do cloro diretamente.

Onde se pratica a cloração simples ou seguida de filtração, a adição de amônia à água natural, ou a presença de qualquer quantidade apreciável de amônia natural na água, traz em consequência a formação da cloramina; contudo, essa reação é um tanto gradual, dependendo da temperatura, e do  $p^H$  da água. No estágio inicial dessa reação, pode-se encontrar cloro livre durante um curto espaço de tempo, sendo possível pesquisá-lo pelos métodos acima descritos. Quando o teor de amônia natural é baixo ou inexistente, e não se junta amônia à água, apresentar-se-á logo após a cloração uma considerável proporção de cloro livre, porém este se converterá em cloramina uma vez posto em contacto com o N amoniacal proveniente dos compostos orgânicos existentes na tubulação de distribuição e reservatórios. Nesse caso, se desejarmos conduzir cloro livre no sistema de distribuição, o método mais desejável será o do "break-point", que consiste em adicionar quantidades de cloro suficientes para combinar com tôdas as substâncias ávidas por cloro presentes na água, deixando ainda um residuo de cloro livre estável. Nos encanamentos, quando se adota o método do "break-point", torna-se necessário deixar transcórrer um certo período de transição, durante o qual as exigências de cloro do sistema vão se estabilizando. Em alguns casos, a flora orgânica existente nas tubulações é gradualmente reduzida, daí resultando distúrbios na qualidade da água. Com o tempo, porém, essa flora será paulatinamente eliminada da tubulação, permitindo a livre penetração do cloro através de todo o sistema de distribuição. Consegue-se, assim, um notável aperfeiçoamento, como seja o de livrar a água do gosto característico de cloro, mesmo quando o cloro residual se apresenta em alta concentração.

O contróle da cloração pelo "break-point" exige usualmente ensaios nos quais quantidades variáveis de cloro (1 a 10 p. p. m.) são adicionadas a uma série de frascos, dosando-se o cloro residual após um certo período de tempo, correspondente à demora nos tanques da estação de tratamento ou ao tempo gasto no percurso até ao mais próximo consumidor, após a cloração. Com referência ao conteúdo de amônia na água, pode-se formar uma curva distinta do cloro residual com as quantidades crescentes que vão sendo adicionadas. Essa curva mostrará um acréscimo temporário seguido

de um abaixa e, finalmente, outro acréscimo indicando a presença do cloro livre, o qual poderá ser determinado, caso se quera, quantitativamente. Na prática, essa dosagem do cloro livre deve ser realizada como rotina, à saída da estação de tratamento e em diferentes pontos do sistema de distribuição. Quando se adiciona amônia à água para provocar o "break-point", faz-se necessário manter uma verificação permanente do teor total de amônia de modo a dosar-se o conteúdo em amônia natural presente e calcular-se o conteúdo de amônia a ser adicionado. O conteúdo em amônia natural pode variar em certas águas superficiais, principalmente nas águas correntes. Em geral, é necessário na prática uma relação de cloro para amônia de 10:1 ou mais, de maneira a garantir-se um resíduo de cloro livre depois de completada a reação do cloro com a amônia.

Se for utilizado o hipoclorito como desinfetante, os ensaios de controle serão semelhantes aos usados com o cloro. Em ambos os casos, as amostras de água clorada para exames bacteriológicos deverão ser colhidos em garrafas esterilizadas contendo, cada uma, um cristal de tiosulfato de sódio para neutralizar o cloro ou a cloramina da amostra e impedir, por conseguinte, que prossiga a sua ação desinfetante durante o armazenamento da amostra.

#### ÁGUAS DE ABASTECIMENTO PROVENIENTES DO SUBSOLO

O controle de laboratório das águas do subsolo é essencialmente semelhante ao das águas superficiais, excepto no que diz respeito a certos ensaios especiais, para os quais chamamos, a seguir, a atenção. Em geral, as águas de boa qualidade são claras e pobres de conteúdo bacteriológico, e raramente contêm um número considerável de organismos microscópicos. As contagens bacteriológicas em placa e os ensaios de coli deverão ser feitos pelo menos uma ou duas vezes por semana em cada fonte de suprimento subterrâneo. As determinações de coli devem ser feitas normalmente em 5 porções de amostras de 10 ml. ou em porções de 100 ml. caso se deseje um exame mais sensível. Se forem ultrapassados os números normais estabelecidos, isso será uma prova de possíveis dificuldades a serem investigadas, especialmente se a fonte de abastecimento, seja ela proveniente de nascente ou de poço, estiver exposta a uma possível contaminação por águas superficiais ou por elevações súbitas de nível dos lençóis subterrâneos. Sendo as águas de poço freqüentemente duras, é conveniente manter-se uma verificação permanente de sua dureza total e dos não carbonatos, bem como da sua alcalinidade e  $p^H$ . Verificar-se-á, de vez em quando, o teor em nitritos e nitratos, particularmente se o teor em nitratos for elevado ou no caso de uma possível ocorrência de condições anormais no subsolo. Afastamentos do teor normal de nitrogênio orgânico ou inorgânico nas águas de subsolo são um índice significativo dessas

alterações. Fazendo-se o tratamento pelo cloro nas águas do subsolo, será necessário estabelecer o contrôle do teor em amônia, pelas razões já mencionadas.

### CONTRÔLE DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

O objetivo principal do contrôle no sistema de distribuição é garantir que a qualidade sanitária da água, vertida no sistema, se mantenha constante em tôdas as partes do sistema, ou em outras palavras, que não haja recontaminação da água vertida no sistema, resultante de condições sanitárias pouco satisfatórias no sistema de distribuição.

Na prática, o contrôle do sistema de distribuição reduz-se a uma tarefa preventiva, envolvendo: 1: a coleta de amostras de água, a intervalos regulares e freqüentes, em vários pontos estabelecidos no sistema de distribuição; 2: o exame bacteriológico das amostras para a pesquisa de bactérias coli ou, se houver necessidade, da cultura de organismos em placas; 3: uma verificação contínua de cloro residual na água, nos pontos de coleta, com ensaios diferenciais de cloro livre e cloramina, se for o caso; 4: um estudo pronto e cuidadoso dos registros de laboratório para elucidar qualquer falha na qualidade bacteriológica ou no cloro residual em qualquer ponto do sistema; 5: uma investigação imediata e completa dessas falhas, sempre que tenham sido observadas.

É possível que sob certas condições favoráveis, principalmente em águas de temperatura mais elevada, as bactérias coli possam se multiplicar nos encanamentos. Em geral, qualquer aumento acentuado no índice de bactérias coli num dado ponto do sistema, relativamente ao índice observado no ponto de descarga da água no sistema, ou nos demais pontos da rêde, deve ser taxado de suspeito e admitida a possibilidade de uma contaminação local através das interconexões ou de qualquer outro modo. Um registo preciso e detalhado da localização das interconexões, se as houver, ou de outros riscos sanitários existentes no sistema de distribuição, é sempre útil para a interpretação dos resultados obtidos com as amostras de rotina.

Em relação a isso, convém observar que um dos maiores riscos sanitários, possíveis num sistema de distribuição, é a existência de certos tipos de válvulas de descarga de privadas e tanques, capazes de permitir uma sinfonagem inversa, caso se estabeleça uma pressão negativa no ramal ou na linha tronco. Quando uma linha tronco ou um ramal são esvaziados para reparos, pode ocorrer a possibilidade de uma sinfonagem inversa nesses dispositivos. Terminados os reparos, é de bom aviso que se faça, por medida de segurança, em ensaio bacteriológico da qualidade da água nas vizinhanças desses reparos. O mesmo princípio se aplica à verificação da qualidade da água numa área em que houve ruptura de uma linha tronco, ou em que foi instalada uma nova secção da linha tronco. Procede-se nesse caso como se fôsse uma

emergência, fazendo-se uma esterilização completa da nova secção (ou da secção substituída) com concentrações de cloro de 50 p. p. m. ou mais. Aconselha-se, sempre que um tronco tenha sido posto novamente em serviço, uma inspeção no teor do cloro residual da área atingida, como uma medida sanitária altamente desejável.

Outros problemas pertinentes ao sistema de distribuição que poderão exigir de vez em quando medidas de controle, por parte do laboratório, são os seguintes exemplos de riscos sanitários:

1. Proteção inadequada dos reservatórios de distribuição, "stand pipes" e torres elevadas para elevação.
2. Ligações aos sistemas "sprinkling" que empreguem soluções tóxicas anticongelantes.
3. Bombeamento por parte dos consumidores, quando a pressão é baixa (estabelecendo pressões negativas).
4. Ligações aos esgotos e às câmaras de lavagem dos esgotos, e às válvulas de escape imprópriamente localizadas no sistema de distribuição.
5. Falta de válvulas de segurança nas instalações particulares, destinadas a impedir o refluxo, falta de válvulas de segurança nas fábricas de gelo que trabalham com amônia, ou nas instalações de água quente.
6. Presença de sistemas de distribuição secundários nas instalações particulares servidas também pelo abastecimento público.
7. A existência de calhas ou de canos rompidos no sistema de distribuição.
8. Localização imprópria dos canos de água em relação aos de esgotos e águas pluviais.

#### TENDÊNCIAS GERAIS DOS MÉTODOS DE CONTROLE DE LABORATÓRIO

Uma tendência acentuada nos métodos mais recentes de controle de laboratório tem sido o desenvolvimento e a adaptação de novos aparelhos físicos e electrométricos, visando facilitar determinações mais precisas e reduzindo as possibilidades de erros devido à equação pessoal. Em artigo recente \* Graham descreve alguns desses novos dispositivos. Nesse artigo é registrado, entre os instrumentos físicos, os seguintes:

1. Aparelhos para determinação do  $p^H$  e para titulação electrométrica (Titrimetro).

---

(\*) Graham, *Journal American Water Works Association*. Outubro de 1945, p. 985.

2. Equipamento para ensaios de condutibilidade.
  - a. Microfone e receptores para detenção de zumbidos
  - b. Galvanômetro para corrente alternada
  - c. Indicador electrónico do equilíbrio (ponte).
3. Equipamento colorimétrico.
  - a. Colorímetro
  - b. *Fotômetro fotoelétrico.*
  - c. Espectrofotômetro.
4. Turbidímetro.
  - a. Hellige (segundo Tyndall)
  - b. Baylis
  - c. Fotoelétrico.
5. Microscópio.
  - a. Estereoscópio de pequeno aumento.
  - b. Equipamento fotomicrográfico.
6. Espectrógrafo.
7. Desmineralizador de água (substituindo o processo da destilação).
8. Estufa de vácuo.

No campo da análise química da água, tornaram-se dignos de menção os seguintes progressos:

1. O cálculo dos sólidos dissolvidos na água por meio do ensaio de condutibilidade.
2. Aperfeiçoamentos no método de determinar a dureza pelo sabão.
3. Novos métodos para a determinação do equilíbrio em carbonatos — cálculo do  $\text{CO}_2$ , do  $\text{CO}_3$  normal e do OH pelo índice em  $\text{p}^{\text{H}}$  e pela alcalinidade, empregando-se as equações de De Martini.
4. Alterações no limite de tolerância das substâncias químicas presentes na água potável do suprimento, de acôrdo com os padrões revistos do U. S. Public Health Service. Essas alterações incluem: (a) elevação no teor de cobre permissível para 3 p. p. m.; (b) fixação do limite para fluoreto em 1.0 p. p. m. e de selênio em 0.05 p. p. m.; e (c) a exclusão total de sais de bário, cromo hexavalente, e glucosídios metálicos pesados como sendo fisiologicamente deletérios para o consumo humano.

No campo da análise bacteriológica da água, fizeram-se notar as seguintes tendências.

1. Simplificações dos ensaios destinados a confirmar a fermentação para as bactérias coli e renovados esforços para desenvolver métodos diréto para contagem em placa, dos organismos desse grupo.

2. Restrição da contagem padrão em placa com agar ou gelatina para medir a eficiência da purificação da água e a determinação das bactérias não patogênicas da água do abastecimento.
3. Estudos para fixar, para a água do abastecimento, um índice admissível de organismos de outros grupos além das bactérias coli, como sejam salmonelas, pseudomonas e grupos streptococcus.

Resumindo a matéria, notar-se-á que o progresso técnico no campo do controle de laboratório da água do abastecimento foi bastante acentuado nesses últimos anos e deverá, provavelmente, receber um novo impulso à medida que se generalizar o emprêgo desses novos aparelhos físicos e se aperfeiçoar as práticas de laboratório. A responsabilidade crescente do técnico de laboratório para garantir a eficácia do tratamento da água do abastecimento, além de uma relação mais íntima no tocante ao tratamento da água para fins industriais e na preparação de águas de qualidade cada vez mais suaves e de melhor paladar para uso doméstico, abriu novos caminhos para o adiantamento da tecnologia da água. O engenheiro sanitário pode se beneficiar com esses aproveitamentos, procurando obter um conhecimento mais profundo dos seus princípios básicos e acomodando-os de forma a conseguir uma solução para os seus próprios problemas, na parte em que a engenharia se relaciona com o tratamento sanitário da água. Será devido principalmente a um ataque de conjunto a esses problemas por parte do engenheiro, do químico, do bacteriologista e do biólogo, trabalhando em estreita cooperação lado a lado, que se obterá o maior progresso possível na luta em que se empenham as nossas populações urbanas para controlar esse elemento vital da sua prosperidade e para sobreviverem como comunidades organizadas.

