

# Controle do desenvolvimento de algas em águas de abastecimento público (\*)

Pedro Caetano Sanches Mancuso (1)

## Resumo

Aborda a problemática do desenvolvimento de algas em mananciais de superfície, e sua influência no tratamento dessas águas. Indica metodologia preventiva e corretiva do controle desses microrganismos, com ênfase na experiência pessoal do autor.

## 1 Introdução

A afirmação de que o controle de algas é uma operação que visa à eliminação de todos esses microrganismos de uma coleção de água destinada ao consumo público é absolutamente errônea. Esses organismos não são necessariamente nocivos à saúde humana, sendo muitas vezes de grande utilidade e até mesmo de interesse econômico.

Em estações de piscicultura, por exemplo, esses organismos são intencionalmente desenvolvidos pelo fato de constituir-se na principal fonte de alimentação dos peixes. Sabe-se também que os organismos vegetais fotossintetizantes produzem oxigênio para a oxidação bioquímica de matéria orgânica nos processos de estabilização de esgotos, além disso são bastante importantes no processo de remoção de CO<sub>2</sub> atmosférico e na sua conversão em matéria orgânica e O<sub>2</sub>.

Se, por um lado, a presença desses organismos é necessária ao ambiente aquático, existem situações de prejuízos — alguns bastante sérios — que podem ser causados pelas algas quando tóxicas, ou então quando causam problemas de odor ou sabor, bem como problemas operacionais às estações de tratamento de água.

Deve-se ficar atento para o superdesenvolvimento desses organismos, fenômeno conhecido por floração de algas, indicador de desequilíbrio entre os organismos presentes e o meio. (fig. 1).

Os problemas criados por algas em águas de abastecimento, embora se-

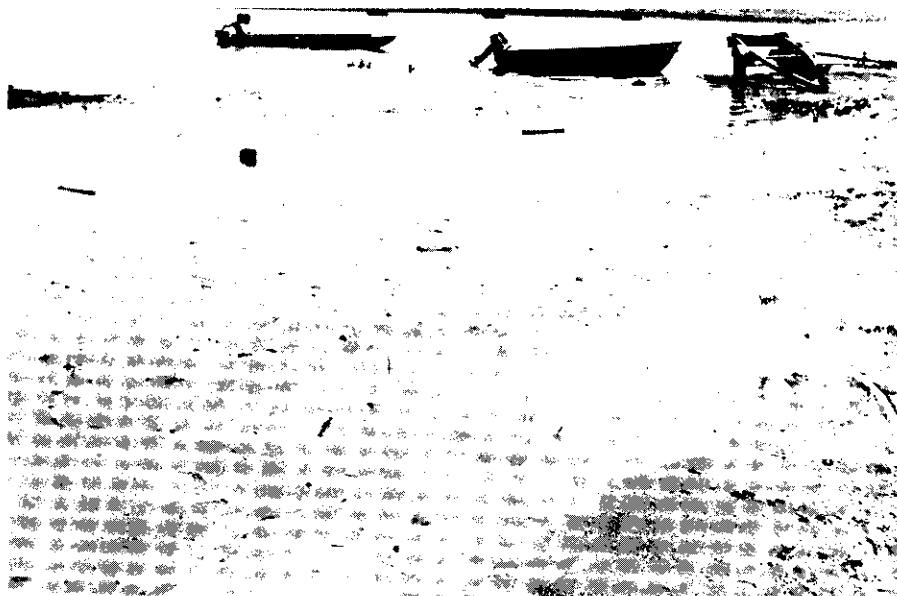


Figura 1 — Floração de algas

jam muitos e de natureza muito variada, não são muito frequentes. Cidades abastecidas com água de rios raramente se defrontam com esses problemas, o mesmo podendo dizer para águas de poços. Por outro lado, lagos e represas estão muito sujeitos a esse fenômeno.

Entre os principais problemas causados pela presença de grandes quantidades de algas nos reservatórios, podemos citar: (1)

— Interferência nas operações de coagulação ocasionando a presença de coagulante na água final.

— Formação mucopolissacarídeos, causando problemas de precipitação em vários processos industriais, como abrandamento da água e anodização de alumínio.

— Entupimento de filtros, causando aumento no consumo de água de lavagem.

— Problemas com manganês associado com a depleção de oxigênio nos reservatórios.

— Problemas de gosto e odor.

— Dificuldades com cloração aumentando a possibilidade de formação de organo clorados.

— Problemas de corrosão no sistema distribuidor.

— Problemas de águas vermelhas na rede distribuidora.

— Problemas de infestação de animais e crescimento microbiológico dentro do sistema de distribuição.

## 2 Processos de controle de algas em águas de abastecimento

Os processos de controle de algas em águas de abastecimento classicamente são classificados em preventivo, quando se baseiam na redução — a nível de manancial — dos nutrientes e/ou demais elementos indispensáveis ao desenvolvimento desses organismos, ou então corretivo, quando são utilizadas substâncias inibidoras, geralmente tóxicas aos seres que se pretende eliminar.

### 2.1 Controle preventivo

Como autótrofas e fotossintetizantes que são, as algas necessitam para seu desenvolvimento do gás carbônico, dos sais minerais e luz. Nessas condições a limitação de um desses elementos traz como consequência o controle desses organismos:

**Gás carbônico:** Como todo organismo clorofilado, as algas também dependem do fornecimento de CO<sub>2</sub> para a síntese de hidratos de carbono na

(\*) Apresentado no 14.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental — São Paulo — set/87

(1) Engenheiro Industrial Modalidade Química — chefe do Departamento de Controle Sanitário da Sabesp.

presença da luz. As águas naturais contêm, em solução, dióxido de carbono, que está em equilíbrio com esse mesmo gás presente na atmosfera. Esse equilíbrio inclui os bicarbonatos e carbonatos, e é função de alcalinidade da água. (fig. 2)

A fonte primária de dióxido de carbono é a atmosfera. Em certas condições de equilíbrio as plantas aquáticas removem dióxido de carbono presente na água fazendo com que a mesma quantidade seja suprida pela atmosfera no sentido de se restaurar o equilíbrio. Evidentemente esse processo é lento, devido à baixa pressão parcial do dióxido de carbono; assim sendo, o bicarbonato fornece o dióxido de carbono para as atividades fotossintetizantes, liberando carbonatos. Em resumo, dióxido de carbono é consumido a partir dos bicarbonatos, aumentando dessa forma a concentração de íons hidróxido e como consequência o pH da água. Níveis de pH em torno de 10 unidades podem ser alcançados devido a atividade das algas. Nesse pH, a taxa de absorção do dióxido de carbono da atmosfera é aumentada. (3)

Normalmente o dióxido de carbono está presente em níveis que não limitam as atividades de fotossíntese, exceto em água com dureza extremamente baixas.

Finalmente, a atmosfera também é uma fonte bastante importante de nitrogênio, que também é utilizada pelas algas. (3)

**Sais minerais:** Os organismos vegetais necessitam de alguns sais minerais, em pequenas concentrações, para a composição de suas moléculas constituintes, além do carbonato, hidrogênio e oxigênio que obtêm a partir de  $\text{CO}_2$  e da própria água. São sais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, enxofre e outros em menor quantidade. Algumas substâncias são ainda exigidas em quantidades infinitamente pequenas — os micronutrientes.

Por outro lado, algumas algas exigem certos elementos, e outras não. Por exemplo, as diatomáceas necessitam silício, enquanto que o gênero *Anabaena* se desenvolve melhor em águas que contêm cálcio em maiores concentrações e nitrogênio. Quando, porém, a água é rica nesse último elemento e mais pobre em cálcio, isso propiciará o desenvolvimento de *Microcystis* em lugar da anterior. (2)

Como regra geral, admite-se que constituem fatores limitantes pela ordem o nitrogênio, o fósforo e em alguns casos o potássio.

As fontes desses elementos são: erosão do solo, drenagem de água de irrigação — em particular enriqueci-

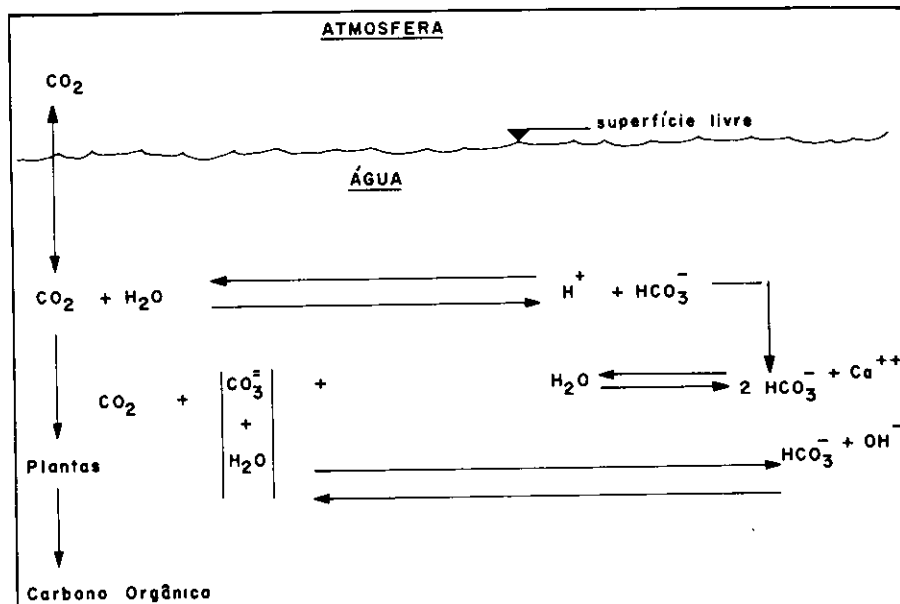


Figura 2 — Relação Dióxido de Carbono — Bicarbonato — Hidróxido, em águas naturais

das com adubos minerais ou orgânicos, drenagem de terrenos pantanosos, esgotos, efluentes de estações de tratamento de esgotos a nível secundário, despejos industriais etc. Além disso, a própria morte das algas e sua posterior decomposição trazem consigo sais minerais e micronutrientes que possibilitam o desenvolvimento posterior de outras espécies, fato bastante importante no caso particular de certas algas azuis que são capazes de fixar nitrogênio do ar, enriquecendo o meio nesse elemento.

Com relação a esse problema de fertilização, cuidados devem ser tomados quando do represamento de mananciais, no sentido de não afogar a mata, ou mesmo de proceder à limpeza de área a ser inundada, removendo-se materiais putrescíveis e não se fazer queimada desse material, pois as cinzas enriqueceriam as águas em sais minerais da mesma forma. Se for absolutamente impossível evitar as queimadas, as cinzas devem ser removidas.

Algumas medidas de limpeza das margens são recomendadas, bem como evitar regiões de pouca profundidade, favorecem o crescimento de vegetação marginal.

Finalmente devem-se enfatizar medidas de planejamento territorial que visem à adequada e racional ocupação do solo, bem como medidas de fiscalização e proteção de mananciais.

**Luz:** As algas como seres vegetais clorofilados que são utilizam-se da luz solar como fonte energética na realização da síntese orgânica, o que condiciona sua distribuição na água, no sentido de receber o máximo possível em termos de radiações. Nessas condi-

ções, esses organismos não vivem nas grandes profundidades, principalmente em se tratando de águas com elevada cor e turbidez.

Turbidez acima de 100 NTU torna-se o principal fator limitante para o desenvolvimento de algas, mesmo se tratando de águas com teores de nitrogênio, fósforo e outros elementos essenciais, em níveis considerados adequados.

Exatamente por essa razão, águas provenientes de represas, onde a baixa velocidade permite sedimentação do material em suspensão, via de regra apresentam o problema de excesso de algas, necessitando às vezes intervenções dos sanitaristas, a nível de manancial.

Com base nesse fato, foram desenvolvidos diversos métodos para se prevenir o desenvolvimento excessivo de algas.

Um deles consiste no aumento da turbidez da água através da aplicação de carvão em pó na superfície da água a ser tratada, com a finalidade de dificultar a penetração da luz. Evidentemente existem problemas de ventos que podem prejudicar a operação.

Outra forma consiste em cobrir a superfície das águas com bolas de plástico preto com a mesma finalidade, ou então com placas de isopor enegrecidas. Esses métodos são viáveis em pequenos reservatórios. Decantadores, filtros e canaletas também podem ser protegidos da luz através de coberturas, ou mesmo com carvão em pó na superfície das águas. (fig. 3).

A possibilidade de aumentar a turbidez da água de um reservatório através de medidas que facilitem a circulação da água, por exemplo anteparos, chicanas, agitadores mecânicos, sopradores, também deve ser explorada como medida preventiva. (1)



Figura 3 — Flocculador coberto com carvão em pó

Evidentemente recomendam-se também alguns cuidados, já a nível de projeto, como medida acauteladora. A possibilidade de a captação de água ser jetada de forma a permitir a tomada a várias profundidades é uma medida altamente recomendável, inclusive para se prevenir contra problema de formação de termoclinas.

Convém tomar certos cuidados quando se captam águas próximas do fundo, pois podem conter excessivo teores de ferro e manganês, além de baixos teores de oxigênio dissolvido.

## 2.2 Controle corretivo

Apesar de indicadas, as medidas preventivas não impedem crescimentos ocasionais de algas, tendo-se que recorrer a tratamentos corretivos e, nesse caso, a aplicação de algicidas não pode ser evitada, por ser o mais rápido, mais barato e mais racional dos recursos. (4)

Por outro lado é muito difícil estabelecer um número limite de algas, acima do qual haja necessidade de aplicar algicidas. Existem autores que fixam esse número em 500 mli por litro (5), enquanto que os padrões da Organização Mundial de Saúde recomendam-no como sendo 300 UPA/ml.

Na realidade para recidir sobre a aplicação do algicida, recomenda-se ficar atento aos efeitos que o microorganismo está causando. Alguns podem produzir gosto e odor, outros podem causar problemas ao tratamento etc., de forma que, quando esses problemas se tornarem realmente incontornáveis, recomenda-se a aplicação.

É muito importante que o controle de algas através de algicidas seja, de preferência, praticado antes que a espécie considerada atinja números ele-

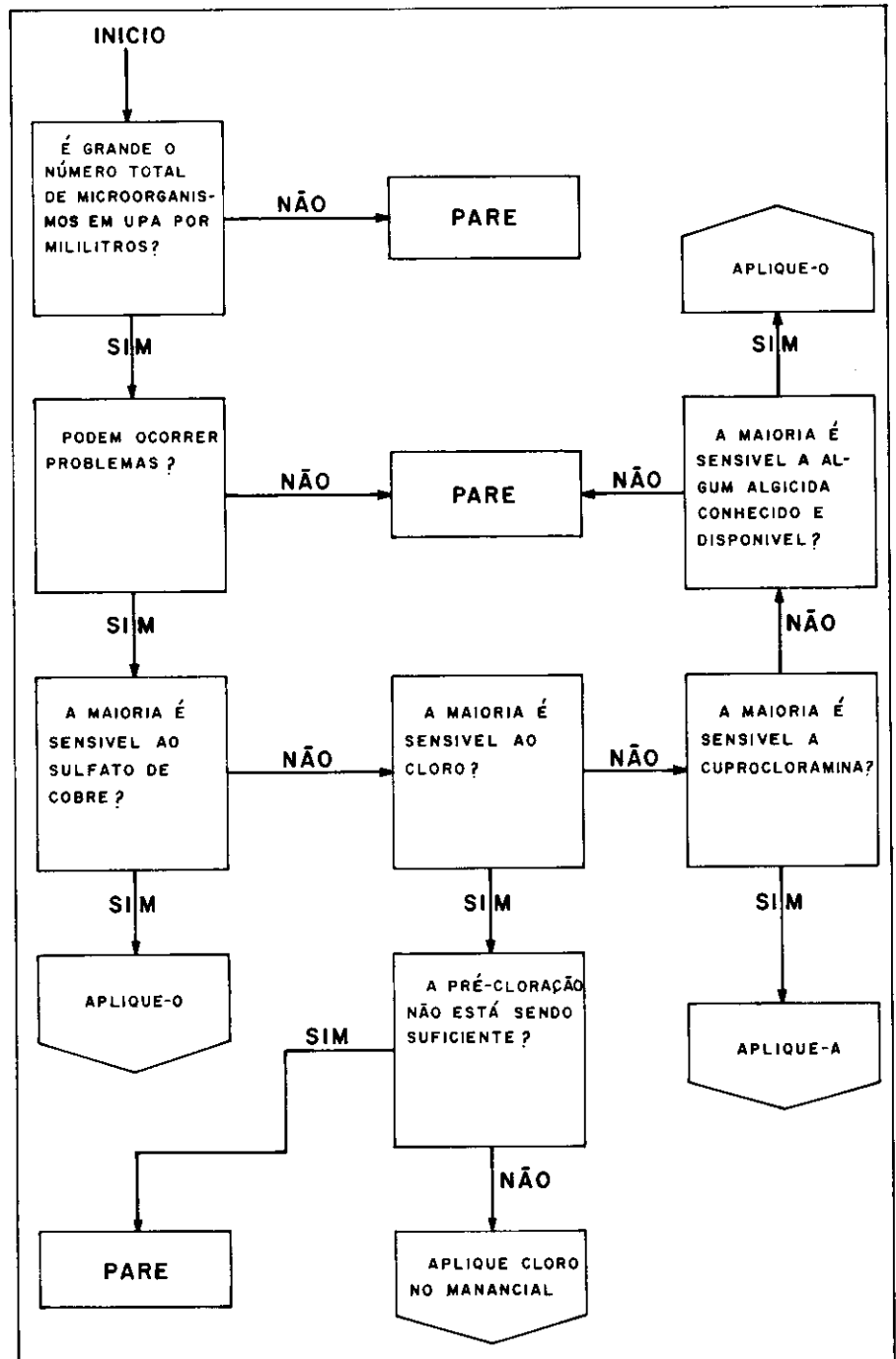


Figura 4 — Aplicação de algicida — Processo decisório

vados, porque sua destruição em massa pode levar a um acúmulo de matéria orgânica em decomposição, com os vários inconvenientes dela decorrentes, como formação de lodo em excesso nos decantadores das estações de tratamento de águas etc. (4)

Também é absolutamente necessário que a dosagem do algicida na água seja feita de maneira criteriosa, para que se evitem problemas de seleção em função da maior ou menor sensibilidade dos vários organismos ao algicida que está sendo utilizado.

A figura 4 mostra as variáveis envolvidas no problema e o mecanismo de tomada de decisão.

Na bibliografia facilmente podem ser encontradas tabelas relacionando a sensibilidade dos diversos organismos aos diversos algicidas, bem como a sensibilidade de diversos peixes a esses algicidas. Entretanto, uma substância para ser usada como algicida em águas de abastecimento público deve obedecer aos seguintes requisitos: (4)

— Apresentar acentuada ação tóxica em relação às algas.

— Não ser tóxico, nas quantidades empregadas, a seres humanos, animais domésticos, peixes e plantas cultivadas que eventualmente possam utilizar a água tratada.

— Ser facilmente encontrado no mercado e a baixo preço.

— Não ser exigida em concentrações muito elevadas na destruição de algas a fim de que o tratamento não se torne antieconômico.

A seguir são apresentados alguns algicidas, bem como algumas considerações baseadas na experiência pessoal do autor.

**Cloro:** O cloro tem sido usado como algicida alternativo, quando outros não são recomendados por diversas razões.

Sua ação tóxica sobre as células das algas parece exercer-se de maneira idêntica à que se observa com relação às bactérias (2), ou seja, por ação do ácido hipocloroso sobre proteínas ou enzimas celulares inibindo reações vitais.

A maior ou menor sensibilidade dos vários organismos ao cloro está ligada às diferentes permeabilidades das membranas celulares desses organismos. Existe um grande número de algas que podem ser destruídas com teores de ordem 0,3 a 0,5 mg/l e também aquelas que requerem 1,0 a 2,0 mg/l de cloro.

Entre outras, citamos duas limitações para o uso do cloro como algicida:

1.º) diz respeito à formação de compostos odoríferos clorofenólicos, principalmente no caso de subdoses.

2.º) é de ordem operacional, já que a aplicação em represas é feita com um equipamento de cloração montado sobre o barco. (fig. 5).

Evidentemente todos os cuidados devem ser tomados nessa operação, como a necessidade de equipar o barco com máscaras de ar comprimido para toda a tripulação, aparelho para determinação de cloro residual na água, amônia para detectar vazamentos, ferramentas, kit de segurança contra vazamento em cilindros de cloro, coletes salva-vidas, frascos para coleta de amostras etc.

Podemos citar uma aplicação feita pela Sabesp em 1974, na Represa Pedro Beicht - Sistema Cotia — onde houve superaplicação de cloro, com desprendimento do gás na superfície da água, obrigando à interrupção da aplicação.

**Sulfato de Cobre:** O sulfato de cobre foi utilizado com algicida pela primeira vez em 1904 pelos americanos Moore e Kellerman, sendo rapidamente adotado por diversos operadores, apesar de algumas objeções relativas aos possíveis efeitos tóxicos que a substância poderia exercer sobre o organismo humano, em que pese a necessidade do organismo humano desse metal no processo de catalização da assimilação do ferro. (6)

Na aplicação desse algicida devem-se ter cuidados no sentido de se pro-

teger os peixes, fazendo-se a aplicação de jusante para montante, para que eles se refugiem em águas sem o produto.

Além disso é necessário ter-se uma idéia da topografia do fundo do reservatório, das características físico-químicas da água, da temperatura e do volume da água a ser tratada.

Com esses elementos, pode-se calcular a quantidade do sal a ser utilizado (6), através de algumas regras práticas, como:

Para águas com alcalinidade ao metil orange inferior a 50 mg/l.

— Aplicar 0,3 mg/l de  $\text{CuSO}_4$  em relação ao volume total da água, o que constitui quantidade suficiente para cobrir a demanda produzida pelos carbonatos.

Para águas com alcalinidade superior a 50 ppm:

— Aplicar 2,0 mg/l de sulfato de cobre em relação, porém, apenas à água da superfície (até 0,30 m de pro-

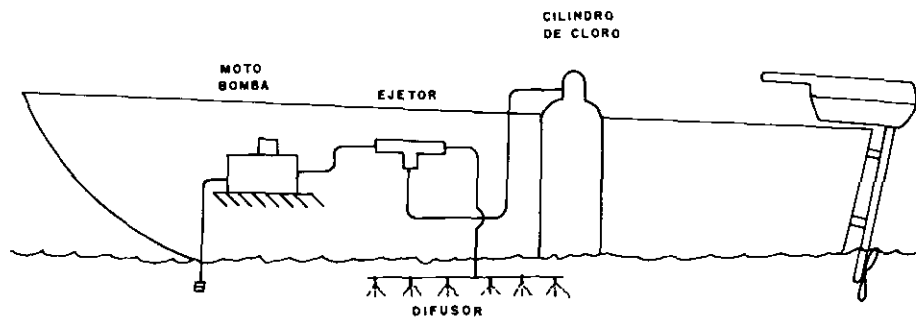


Figura 5 — Equipamento de cloração montado sobre barco

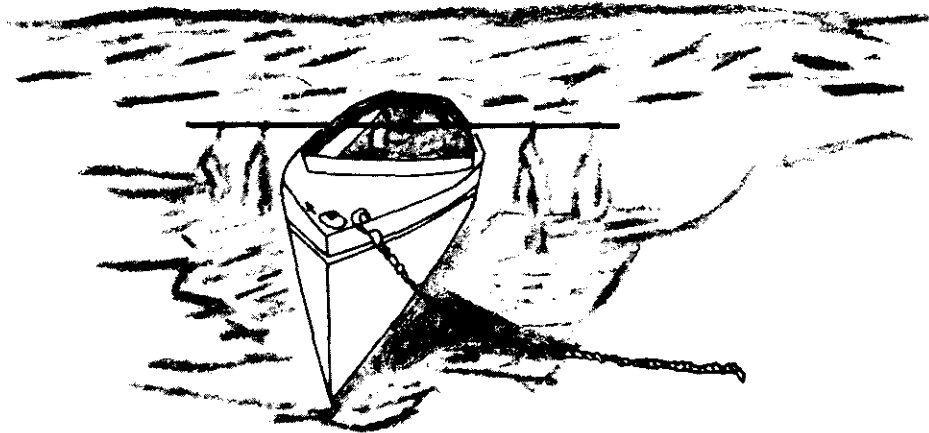


Figura 6 — Aplicação de sulfato de cobre — método "Bag Drag"

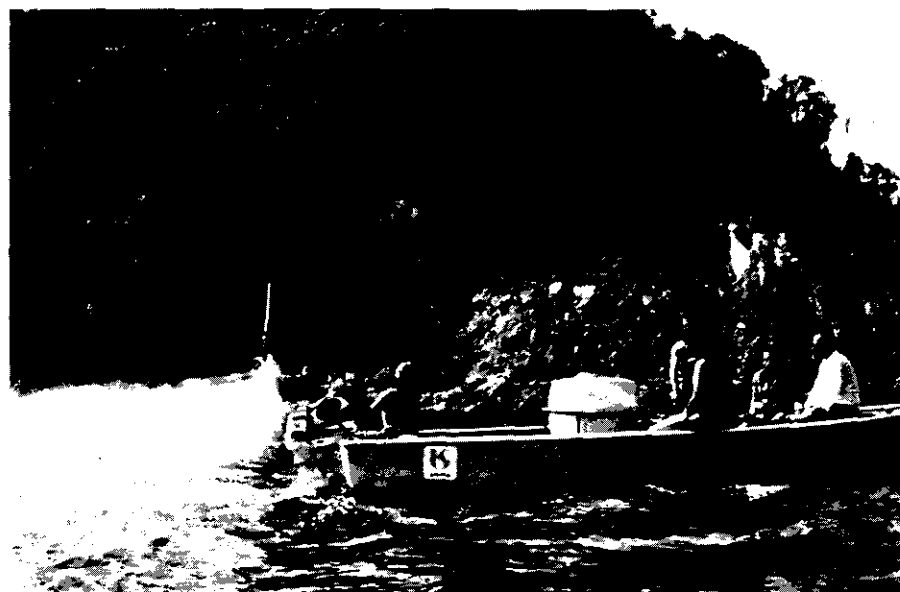


Figura 7 — Barco em operação

fundidade) o que corresponde aproximadamente a 0,6 g/m<sup>2</sup>.

Essa quantidade deverá ser acrescida de 2,5% para cada grau de temperatura, acima ou abaixo de 15°C. Além disso, deverá ser acrescida também de 2,0% para cada 10 mg/l de matéria orgânica existente em suspensão ou em solução na água.

A forma mais simples de aplicar o sulfato de cobre é o método do "Bag- Drag". Consiste em amarrar dois ou mais sacos permeáveis de sulfato de cobre nas laterais de um barco e arrastá-los pela represa, permitindo dessa forma que o sal se solubilize na massa de água.

O inconveniente desse método é que no início têm-se concentrações elevadas e no fim bastantes diluídas, além de haver necessidade de interromper a operação quando o sal termina. (fig. 6).

Uma variante desse método e que dispensa a interrupção da operação consiste em amarrar nas laterais do barco dois balaios de bambu trançados, onde os sacos são colocados. (6)

O sulfato de cobre, quando dosado erroneamente na água, pode ter a sua ação limitada a um tempo de 15 minutos, ao passo que, se consideradas as variáveis físico-químicas descritas, ela poderá perdurar por horas (7).

Uma das formas mais eficientes de se aplicar o produto é em solução. A solução é preparada em terra, junto ao local onde o barco é atracado, em tanques que podem ser de fibra de vidro.

Esses tanques alimentam o tanque que existe a bordo do barco, de onde a solução é aspergida através de bicos pulverizadores do tipo usado na agricultura para pulverização de defensivos.

A aplicação do sulfato de cobre em cristais é recomendada quando se pretende aplicar o produto em grandes massas de água.

As figuras 8 e 9 mostram esquemas de dosadores de sulfato de cobre em cristais, cabendo-se dizer que, quanto menor os cristais, mais efetiva será a aplicação, podendo-se calcular o melhor tamanho com água da própria represa. O cristal deve dissolver-se à medida que percorre a água no sentido vertical, devendo desaparecer numa profundidade pré-determinada.

Em 1979, devido a uma grande floração de *Anabaena*, na Represa Guarapiranga, a Sabesp aplicou sulfato de cobre pulverizado, mediante um aparelho que consistia em um depósito de 1,0 m<sup>3</sup> dotado de uma ventoinha, acionada por um motor a gasolina. Esse equipamento foi içado por um helicóptero e o algóida aplicado em toda a superfície da represa, numa operação que demorou 20 horas, obtendo-se no fim da operação um residual de 0,3 ppm

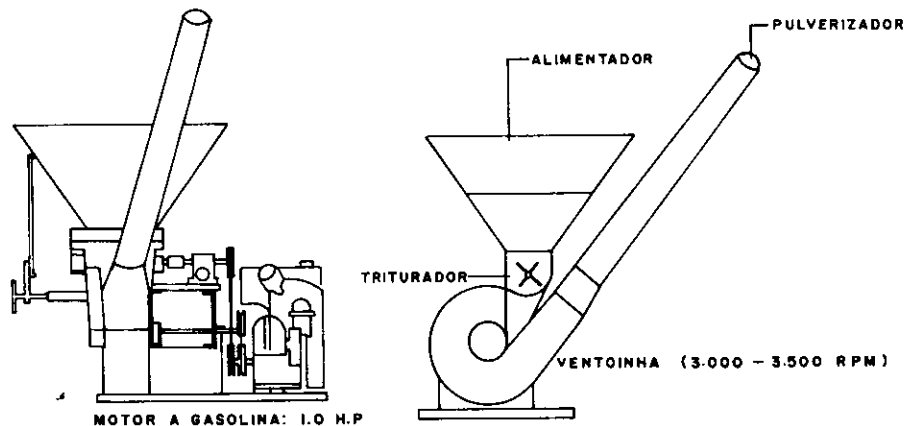


Figura 8 — Equipamento de aplicação de sulfato de cobre em cristais — tipo ventoinha

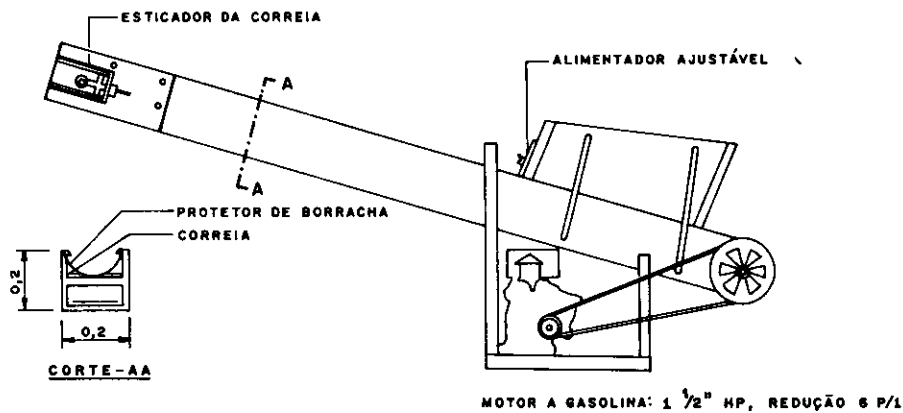


Figura 9 — Equipamento de aplicação de sulfato de cobre em cristais — tipo correia transportadora

em cobre, não tendo havido morte de peixes. (figs. 10 e 11).

O sulfato de cobre também pode ser aplicado misturado com o cloro — cuprocloração — ou com cloro e amoníaco — cuprocloraminação — aumentando a eficiência da operação. (8)

**Permanganato de Potássio:** O permanganato de potássio é muito eficiente contra alguns gêneros de algas, exigindo-se entretanto tempo de contato alto (até 12 horas), em concentração entre 1,0 e 50 mg/l de permanganato de potássio.

**Compostos de Prata:** A prata coloidal é bastante eficiente no combate às algas, havendo na literatura indicações de uso de uma mistura de nitrato de prata e sulfato de cobre, conhecida comercialmente por CA 350. Este composto tem a vantagem de reduzir ao mínimo as concentrações de tóxicos e ser tão eficiente como o sulfato de cobre ou o nitrato de prata, quando usados individualmente. (4)

**Compostos de Uréia:** O mais usado é o CMU, ou seja, o 3 (p-cloro fenil)-1, 1-dimetil uréia. Bastante eficiente sobre a maior parte das algas quando aplicado em concentrações da ordem de 2,0 mg/l, havendo a contraindicação de ser tóxico à maior parte das

plantas superiores, podendo inclusive esterilizar o solo, embora menos tóxico aos peixes e outros animais aquáticos. (2)

**Sais Orgânicos:** Dentre os sais orgânicos, destaca-se pela sua eficiência o ZDD - dimetil ditiocarbonato de zinco. Dosagens inferiores a 0,004 mg/l são eficientes na destruição de *Microcystis*. Bastante venenoso para os peixes, deve ser utilizado com muito cuidado.

Os compostos de mercúrio também são bastante eficientes, apesar de serem tóxicos aos animais.

Alguns herbicidas compostos de íon bipiridilo, como por exemplo, o Diquat e o Paraquat (dibrometo de 11 etileno 22 bipiridilo e dicloreto de 11 dimetil 44 bipiridilo, respectivamente), têm grande poder algicida, além de serem quase imediatamente inativados no solo e possivelmente na água por ação bacteriana.

**Antibióticos:** Extremamente eficientes, requerem um longo tempo de contato e são produtos caros.

Entre eles destacam-se o Polimixin, o Aerosporin B, o sulfato de Estreptomina e o Actione, todos eles bastante específicos para os diversos gêneros das algas.

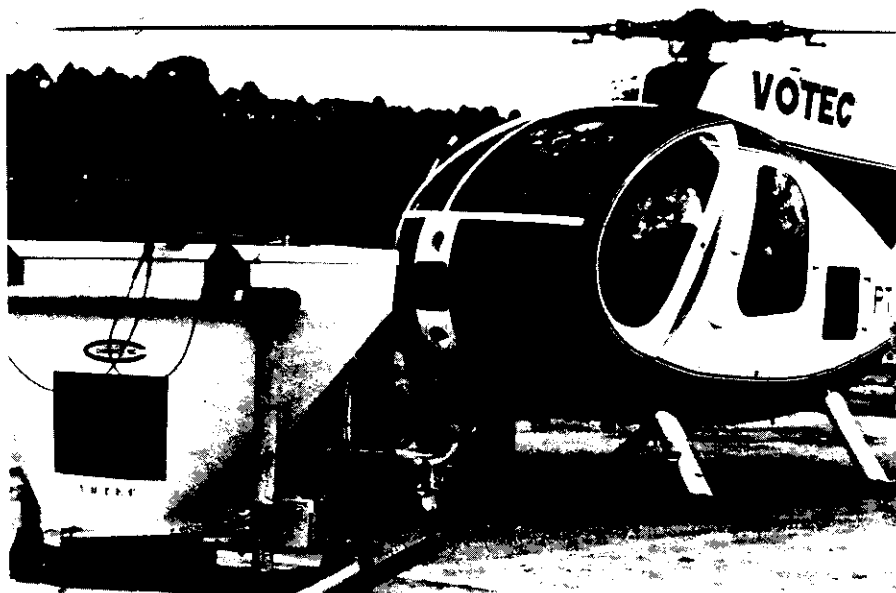


Figura 10 — Aplicação aérea em depósito de cristais de sulfato de cobre dotado de ventoinha



Figura 11 — Helicóptero em operação

**Ozônio:** Recentemente tem-se estudado a remoção de algas em estações de tratamento de água convencional mediante a utilização de ozônio aplicado em colunas de contato à razão de 2,0 mg/l de ozônio, para um tempo de contato da ordem de 10 minutos. (10)

Após estudada sua aplicação nas diversas fases do tratamento, ficou demonstrado que os melhores resultados são obtidos quando o gás é aplicado imediatamente antes dos filtros.

Para finalizar, poderiam ser citadas outras formas de controle que não se enquadram na classificação anterior.

A primeira delas é o controle através de peixes que se alimentam de algas. Embora seja uma forma segura de atacar o problema, pois não existem contraindicações, não se têm no-

tícias que seja esse um controle muito eficiente.

Outra forma é o uso do ultra-som como técnica de controle de algas. Uma onda de choque provoca o rompimento dos vacúolos das algas. Embora seja um método relativamente barato, sua efetividade está limitada a poucos dias, além de poder ocorrer morte de peixes. (5)

O controle do nível de fósforo, através de tratamento químico, dentro do reservatório, foi experimentado em East Anglia, nos Estados Unidos, utilizando-se sulfato férrico em dosagens pré-determinadas, por Jar Test.

Nesse experimento foram dosados 3,5 mg/l (Fe), durante 3 dias, através de barco que também promovia a mistura rápida.

As análises efetuadas a título de acompanhamento indicaram uma redução de 7,0 ug/l para 3,0 ug/l. (1)

Finalmente, citamos o uso de micro-peneiras como um equipamento que vem ganhando simpatizantes, na medida em que os problemas apresentados pelos primeiros aparelhos, como entupimento, manutenção etc. vêm sendo resolvidos, apesar do seu custo inicial ainda ser proibitivo.

Esses aparelhos têm capacidade muito variável, desde algumas centenas de milhares, até cerca de 500 milhões de litros por dia, com um consumo que varia de 2 a 10% de água de lavagem. A redução do número de algas em alguns casos é da ordem de 85% para o plâncton em geral, podendo chegar a 100% para certos gêneros de algas em determinadas circunstâncias. (10).(2)

### 3 Bibliografia

- 1 — HAYES, C. R. et. al. The control of algae by chemical treatment in eutrophic water supply reservoir. *Journal of Water Engineering*, 38 (2). 1984.
- 2 — BRANCO, S. M. *Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária*. 2.ª ed. São Paulo, CETESB, 1978.
- 3 — SAWYER, C. N. Causes, effects, and control of aquatic growths. *J. W. P. C. F.*, 34 (3): 279 — 290, 1962.
- 4 — PEREIRA, H. A. S. L. Uso de algicidas em águas de abastecimento. *Dissertação de mestrado*. Biblioteca da Faculdade de Saúde Pública da USP, 1970.
- 5 — MUCHMORE, C. B. Algae control in water — supply reservoirs. *J. A. W. W. A.*, 70 (5): 273 — 279, 1978.
- 6 — COMASP. Controle de algas pelo sulfato de cobre. In: Congresso Internacional de Engenharia Sanitária. 12.ª, Assunção, 1972 — *Anais*. São Paulo, 1972. p. 21 — 32.
- 7 — PALMER, C. M. Evaluation of new algicides for water supply purposes. *J. A. W. W. A.*, 48 (9): 1133 — 1137, 1956.
- 8 — CALVERT, C. K. The use of copper, chlorine and ammonia in plankton control. *J. A. W. W. A.*, 33 (12): 2108 — 2115, 1941.
- 9 — GINOCCHIO, J. C. Effect of ozone on the elimination of various algae by filtration. In: *MASS-CHELEIN, W. J. Ozonation manual for water and waste water treatment*. 1.ª ed. Chichester, Ed. John Wiley & Sons, 1982. p. 69 — 72.
- 10 — KORMANIK, R. A. & CRAVENS, J. B. Cost algae removal possible with microscreening. *Water & Sewage Works* (8): 31 — 35, 1979.