

---

# ALGAS E SEUS IMPACTOS EM SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO: ESTUDO DE CASO SISTEMA GUARAPIRANGA

DANIEL BROOKE  
DANIEL RIBEIRO  
LUANA RODRIGUES  
MICHELLE CAMPOS  
RICARDO MENDES

Universidade de São Paulo – USP  
Escola Politécnica - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária - PHD

## INTRODUÇÃO

Atualmente, o desenvolvimento de atividades antrópicas está colocando em risco a disponibilidade dos recursos hídricos, principalmente no que se refere a um dos usos mais nobres da água - o consumo humano.

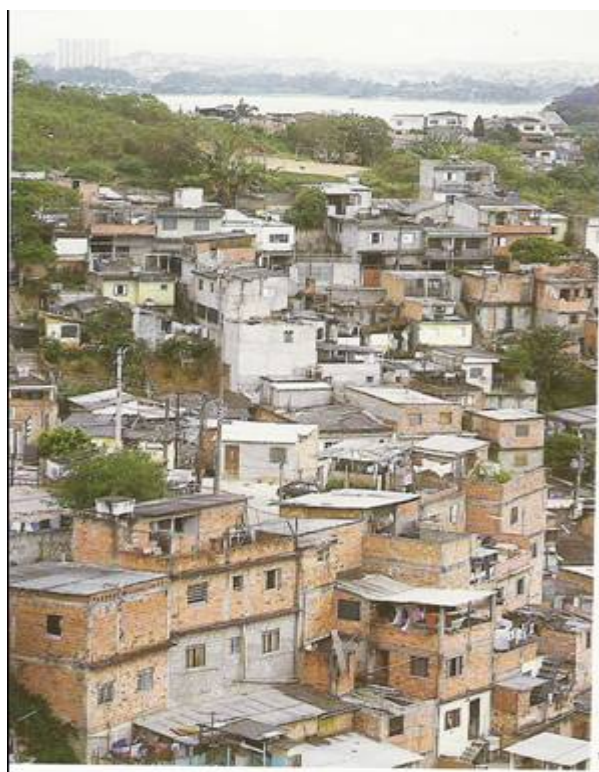
Dentre os vários problemas causados pela ação do homem no meio ambiente, destaca-se a eutrofização de mananciais e o conseqüente crescimento de algas, tema que será abordado neste trabalho com a avaliação das tecnologias de tratamento de água e a apresentação de informações do Reservatório do Guarapiranga, localizada na região Metropolitana de São Paulo, que abastece a estação de tratamento do Alto da Boa Vista (ETA ABV).

Nos grandes centros urbanos, normalmente utilizam-se represas para captação de água bruta. Esse tipo de ambiente, denominado lântico, onde predomina a retenção de água por períodos longos, favorece o acúmulo de poluentes e o crescimento acelerado da comunidade fitoplanctônica, o que ocasiona um aumento considerável da biomassa. Essa biomassa, denominada por cianobactérias provoca conseqüências negativas sobre a eficiência e o custo do tratamento da água. Esse fato pode gerar uma perda de boa parte dos mananciais destinados ao abastecimento público devido à inviabilidade econômica relativa ao tratamento da água.

Segundo a CETESB (2003), estima-se que 622 mil habitantes ocupam os arredores do Reservatório do Guarapiranga, o qual é utilizado como fonte de abastecimento público, contribuindo com cerca de 20% da água de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo.

Grande parte das habitações são ocupações irregulares sem qualquer infra-estrutura de saneamento, conforme pode ser observado na Figura 1. Com isso, desde o final da década de 60, a água desse importante manancial vem sofrendo um processo de degradação

ambiental, fruto da urbanização intensificada e desordenada da metrópole paulista.



*Figura 1 - Ocupação em torno da Represa Guarapiranga.*

Devido ao grande lançamento de grande quantidade de nutrientes, proveniente de efluentes industriais e, principalmente de esgoto doméstico, o reservatório do Guarapiranga vem sofrendo um acentuado processo de eutrofização e, como conseqüência o comprometimento da qualidade das águas destinadas ao abastecimento público. A partir de 1982, fenômenos de floração de algas têm sido recorrentes, afetando negativamente o sistema de tratamento de águas (CETESB, 2003).

## EUTROFIZAÇÃO DE MANANCIAIS E SUAS CONSEQUÊNCIAS

A eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, em níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do copo d'água (VON SPERLING, 2005). Chapra (1997) define a eutrofização como o fenômeno do crescimento excessivo de plantas aquáticas através de uma super fertilização.

A qualidade da água bruta de um manancial depende das características da bacia hidrográfica, incluindo clima, hidrologia, geologia, pedologia, morfologia, usos e ocupação da terra. Os lagos naturalmente recebem os sedimentos onde a decomposição do material produz nutrientes ainda em concentrações baixas, dentro de um ciclo natural. A partir do momento que a agricultura ocupa a bacia, os processos de fertilização para maximizar o rendimento das culturas acabam implicando em aportes significativos de fósforo e nitrogênio, nutrientes limitantes para as populações algais (VON SPERLING, 2005).

No caso da ocupação urbana da bacia, podem ocorrer casos de assoreamento em função da implantação de empreendimentos. Os sedimentos são então carregados para o manancial, juntamente com a drenagem pluvial urbana. Por fim, o lançamento de esgotos é o fator de maior significância na eutrofização de corpos d'água (VON SPERLING, 2005).

Na Figura 2 é apresentado um evento de floração algal na Reservatório Billings.



Figura 2 - Florações de algas na Represa Billings.

O planejamento e a operação racional de sistemas de abastecimento de água requerem o conhecimento das relações causa-efeito que influem na qualidade da água, especialmente aquelas relacionadas ao desenvolvimento de algas, visando a proteção do manancial.

O florescimento algal decorrente do aumento da concentração de nutrientes no manancial pode ter os seguintes efeitos diretos na qualidade da água (DI BERNARDO, 1995):

- Aumento da matéria orgânica particulada (fitoplâncton, zooplâncton, bactérias, protozoários, fungos e detritos);
- Aumento de substâncias orgânicas dissolvidas que podem conferir sabor e odor à água, ser precursores da formação de compostos organoclorados, produzir ou aumentar a cor na água, servir de substrato para o crescimento de bactérias na estação de tratamento e no sistema de distribuição e contribuir para o aumento da corrosão;
- Aumento do pH e das suas flutuações diárias;
- Diminuição do teor de oxigênio próximo ao sedimento podendo ocorrer a liberação de sulfeto de hidrogênio (toxicidade), amônia, ferro, manganês, fósforo, etc. Pode ocorrer a anaerobiose no manancial provocando a mortandade de peixes;
- Problemas estéticos, recreacionais e até de redução na navegação e capacidade de transporte, uma vez que o crescimento excessivo de macrófitas enraizadas interfere com a navegação;
- Desaparecimento gradual do lago como um todo: em decorrência da eutrofização e do assoreamento, aumenta a acumulação de matérias e de vegetação, e o lago se torna cada vez mais raso, até vir a desaparecer (VON SPERLING, 2005).

Essas alterações de qualidade de água podem apresentar efeitos diretos ou indiretos na operação da estação de tratamento, dos sistemas de reservação e distribuição, e nos custos com produtos químicos, tais como:

- Os efeitos na coagulação incluem aumento de coagulante e alcalinizante para ajuste do pH de coagulação;
- Os flocos formados resultam leves, tendo-se que empregar polímero como auxiliar de floculação para evitar a flotação dos mesmos;
- Diminuição da eficiência da remoção de flocos na decantação, com aumento da turbidez e do número de partículas na água decantada;
- Obstrução do meio filtrante, redução da duração da carreira de filtração e aumento do consumo de água para lavagem;

- e) Aumento do consumo de cloro devido à presença de matéria orgânica e amônia, diminuição da eficiência da desinfecção e potencialidade de formação de compostos organo-clorados prejudiciais ao ser humano;
- f) Possibilidade do crescimento de bactérias no sistema de distribuição devido ao aumento de matéria orgânica que serve de substrato, ocorrência de problemas com sabor e odor e aumento da deposição de ferro e manganês nas tubulações, diminuindo a seção útil (tuberculização).

Os custos aumentam pela necessidade de monitoramento da qualidade da água em diversos pontos do sistema de abastecimento, aplicação de algicidas no manancial e tratamentos específicos para remoção de ferro e manganês.

Finalmente, os efeitos nos consumidores estão associados à presença de compostos potencialmente tóxicos e carcinogênicos, de sabor e odor, danos a roupas e aparelhos sanitários, problemas de corrosão nas tubulações, além de custos adicionais em tratamentos específicos.

Em muitos estudos tem sido observada uma relação entre a concentração de fósforo e alguns indicadores de crescimento algal em lagos, incluindo a clorofila a, transparência e taxa de redução de oxigênio no hipolímnio. Na Figura 3 é mostrada a relação entre valores médios da concentração de fósforo total e carbono orgânico total de 38 lagos dos Estados Unidos enquanto, na Figura 4 é mostrada a variação do teor de clorofila a com o de carbono orgânico total.

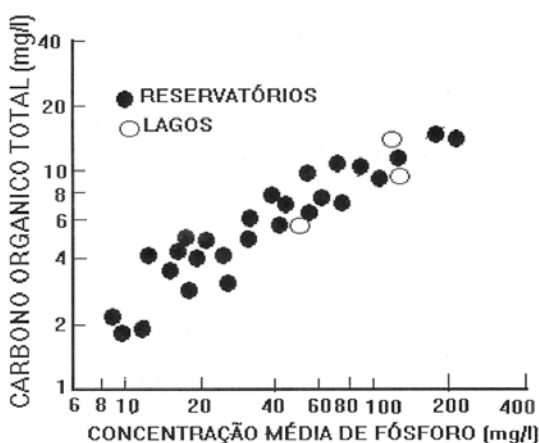


Figura 3 – Relação entre fósforo total e carbono orgânico total em lagos dos EUA (Di Bernardo, 1995).

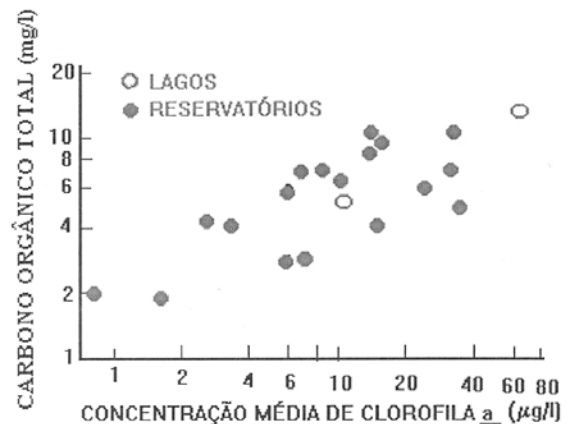


Figura 4 – Relação entre clorofila a e carbono orgânico total em lagos dos EUA (Di Bernardo, 1995).

A concentração de trihalometanos (THM) aumenta com o aumento do teor de clorofila a (Figura 5), conforme observado por Hoehn e colaboradores (apud Di Bernardo, 1995). O trabalho dos autores mostrou a importância da biomassa algal e de produtos metabólicos como precursores da formação de THM.

Além de odor e sabor decorrentes de produtos metabólicos de algumas espécies de algas, outras podem comprometer seriamente o funcionamento de estações de tratamento de água.

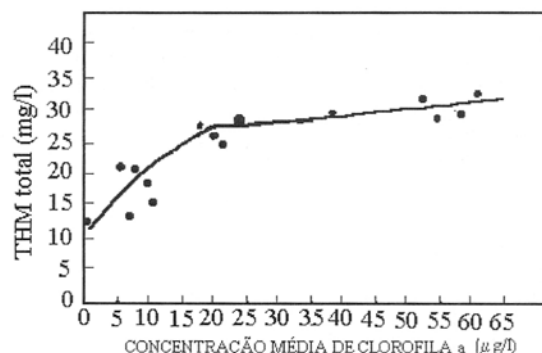


Figura 5 - Variação de THM na água tratada em função do teor de clorofila a (Di Bernardo, 1995).

O problema operacional em estações de tratamento de água, relacionado ao florescimento algal em mananciais, tem ocorrido em várias regiões do Brasil. Entre maio e novembro de 1994 ocorreu um período de forte estiagem em várias regiões do Brasil, acarretando florescimentos algais em muitos mananciais, especialmente em lagos.

### METABÓLITOS E SUBSTÂNCIAS TÓXICAS PRODUZIDAS POR ALGAS

Algumas cianofíceas presentes em águas doces são tóxicas, especialmente as do gênero *Microcystis*, *Nodularia*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* e *Oscillatoria*. Dentre os organismos aquáticos que podem ser



afetados pelas toxinas produzidas por essas algas figuram outras algas, invertebrados planctônicos e peixes, e algumas aves e mamíferos, quando utilizam água na qual proliferam tais algas. As toxinas podem ser polipeptídeos de baixa massa molecular, que atuam lentamente e causam danos hepáticos, ou alcalóides que causam bloqueio neuro-muscular e cuja ação se inicia em poucos minutos.

Algumas espécies de algas azuis, tais como *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flosaquae* e *Aphanizomenon flosaquae* produzem toxinas que podem causar distúrbios gastro-intestinais, respiratórios, neurológicos e alergias ao ser humano. As hepatotoxinas das cianobactérias podem produzir intoxicações agudas ou crônicas e considera-se que a dosagem passível de causar risco ao ser humano seja de 1g/L. De acordo com a espécie de alga, as hepatotoxinas são denominadas microcistinas (mais de quarenta tipos) e nodularinas. A atuação no fígado humano é atingida por absorção no intestino delgado, seguindo o mecanismo do ácido biliar; os peptídeos das hepatotoxinas provocam retração dos hepatócitos, com conseqüente separação das células e dos sinusóides capilares e causando hemorragia hepática (Di Bernardo, 1995). As Figuras 6 a 9 apresentam algumas espécies de algas azuis.



Figura 6 - Fotomicroscopia óptica da *Planktothrix (Oscillatoria) agardhii* – pseudovacuos visíveis (FERNANDES, 2007)



Figura 7 - Fotomicroscopia óptica da *Cylindrospermopsis raciborskii* (FERNANDES, 2007)



Figura 8 - Fotomicrografia óptica da *Anabaena spiroides*, (FERNANDES, 2007)

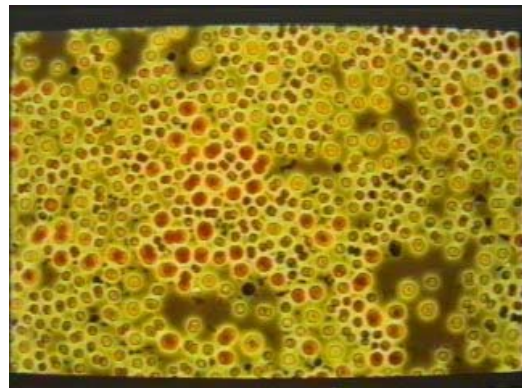


Figura 9 - Fotomicrografia óptica da *Microcystis aeruginosa* (FERNANDES, 2007)

Dentre as neurotoxinas produzidas principalmente pelos gêneros *Anabaena*, *Aphanizomenon* e *Oscillatoria*, destacam-se a anatoxina-a, anatoxina-a(s), saxitoxina e neosaxitoxina. Estas substâncias atuam por bloqueio dos canais de sódio inibindo a transmissão neuromuscular e geralmente causam a morte de cobaias por parada respiratória.

A contaminação do ser humano pode ocorrer por contato direto com água contendo florescimentos de cianobactérias tóxicas, em atividades de recreio, ou por sua ingestão. Do contato podem resultar rinite, conjuntivite, dispnéia, dermatites, etc, enquanto da ingestão têm sido descritos quadros de gastroenterite com diarreia, náuseas, vômitos, diarreias, cólicas abdominais e febre, ou hepatite com anorexia, astenia, vômitos e hepatomegalia.

## ALTERNATIVAS PARA CONTROLE DE ALGAS EM RESERVATÓRIOS

A melhor medida para evitar problemas com florescimentos de cianobactérias é o gerenciamento da bacia hidrográfica onde se encontra o manancial. A prevenção deve sempre ser a primeira alternativa, evitando-se o acesso direto do escoamento superficial de áreas fertilizadas no manancial, a ocorrência de erosão decorrente do desmatamento e lançamento de águas residuárias de qualquer natureza no curso de água principal ou em seus contribuintes.

A tomada de água, especialmente em lagos, deve ser objeto de preocupação durante o projeto de estações de

---

tratamento de água. No caso de torres, podem ser construídas tomadas em diferentes profundidades, providas de válvulas ou comportas de fechamento e, por meio de análise do fitoplâncton por ocasião de florações, pode-se decidir por captar a água na profundidade que resulte em menos problemas na qualidade biológica da água a ser tratada.

➤ **Aeração/Mistura**

A estratificação do reservatório estimula o crescimento de algas nas camadas mais quentes e próximas à superfície além de provocar outros problemas decorrentes dos baixos níveis de oxigênio dissolvido nas camadas anteriores. A aeração, além de provocar a mistura das águas nas diversas camadas do reservatório evitando a presença de zonas anaeróbias, acelera o processo de remoção do fósforo e da amônia, envolvidos diretamente na floração de algas.

Os hidrocarbonetos de pequena massa molecular podem ser extraídos por “air stripping”, que consiste na injeção de ar comprimido na coluna d água. Para definir a quantidade de ar a ser injetado utiliza-se a Lei de Henry, uma vez que é a que melhor expressa o equilíbrio do hidrocarboneto entre o ar e a água.

Lalezary et al (1984) descobriram que quanto maior a concentração dos metabólitos na água, maior a remoção por “air stripping”.

O principal inconveniente dessa técnica é que somente se justifica para vazões baixas, uma vez que o custo e a operabilidade da injeção de ar podem tornar o processo inviável.

➤ **Tratamento químico**

Diversos produtos químicos como o sulfato de cobre e algicidas podem ser utilizados no controle do florescimento algal. Esta é a alternativa menos interessante face aos custos da aplicação e manejo destes produtos, segurança de uso eficiência em longo prazo.

O sulfato de cobre tem sido utilizado no reservatório da Guarapiranga, na cidade de São Paulo, todavia a sua eficiência tem diminuído ao longo dos anos. Como consequência negativa há o acúmulo de cobre no lodo e a resistência das algas à sua aplicação.

Uma alternativa para minimizar a concentração de cobre é a definição de pontos estratégicos para a dosagem do algicida. Um outro inconveniente é a liberação das toxinas para o meio aquático. Quando utilizados freqüentemente, os algicidas acabam por selecionar espécies ou cepas de cianofíceas cada vez mais resistentes, exigindo a aplicação de concentrações

maiores e contaminando cada vez mais o meio aquático (ZAGATTO, 1997).

O uso de algicidas ainda é muito controverso em função da elevada toxicidade destes produtos a animais e plantas.

➤ **Limitação da incidência de luz solar**

A luz solar é utilizada no processo de fotossíntese algal. Reduzir a incidência de luz no reservatório é uma maneira eficaz de controlar a proliferação de algas sem recorrer ao uso de produtos químicos. Infelizmente esta opção torna-se inviável em reservatórios com elevada área superficial.

Dentre as alternativas encontradas na literatura permitiram um controle eficiente da população de algas em reservatórios estão:

- a) Utilização de corantes, geralmente de cor azul, reduz a disponibilidade de determinados comprimentos de onda necessários participantes da fotossíntese.
- b) Cobertura da superfície dos reservatórios através de plantas, telas ou sombreamento com árvores.

➤ **Biomaniplulação**

Constituintes do zooplâncton como Daphnias e Corbiculas são predadores naturais de algas, capazes de reduzir a população das mesmas sem consequências negativas.

A biomaniplulação trata de um conjunto de técnicas utilizadas para favorecer o crescimento desta fauna consumidora de algas. Dentre estas técnicas estão, o uso de plantas macrófitas, mistura do reservatório e oxigenação.

A manutenção do zooplâncton não é uma tarefa fácil em virtude da sensibilidade destes organismos a baixos teores de oxigênio e compostos tóxicos, característica comum em reservatórios altamente eutrofizados e/ou poluídos.

O controle do florescimento algal ainda pode ser realizado utilizando-se peixes planctívoros, dando-se ênfase a espécies da bacia hidrográfica. No entanto, espécies exóticas como carpa e tilápia parecem não ser afetadas pelo consumo de algumas algas tóxicas e consomem grandes quantidades de colônias de *Microcystis* (ZAGATTO, 1997).

---

## REMOÇÃO DE ALGAS E DE PRODUTOS METABÓLICOS NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Com o intuito de ilustrar algumas medidas mais comuns utilizadas no controle e remoção de algas nas estações de tratamento de água, optamos por utilizar a divisão adotada por Di Bernardo em que as soluções são apresentadas por processo.

### ✓ Oxidação

A oxidação é um processo de desinfecção que consiste na aplicação de um composto químico (Cloro -  $\text{Cl}_2$ , Dióxido de cloro -  $\text{ClO}_2$ , Permanganato de potássio -  $\text{KMnO}_4$ , Ozônio -  $\text{O}_3$ ) ou não químico (como é o caso do ultravioleta) que inative os mecanismos de sobrevivência de microorganismos, inclusive algas.

O oxidante mais utilizado em estações de tratamento de água é o cloro, que pode ser encontrado em diversas formas (gasoso, hipoclorito, dióxido, etc.). A sua comprovada eficiência na inativação de patógenos, o baixo custo e a familiaridade que os projetistas e operadores tem em recomendar a sua utilização justifica a fama do produto.

O processo de oxidação é utilizado em duas etapas do processo de tratamento convencional de águas. A chamada pré-cloração tem o objetivo de minimizar problemas operacionais associados ao crescimento de bactérias e algas nas unidades da ETA. Quando utilizado em pequenas doses é possível reduzir odor e sabor do produto final além de evitar a proliferação de algas e bactérias nos filtros. A pós-cloração é utilizada com a finalidade de remover agentes patogênicos da água.

Embora os processos oxidativos sejam importantes para garantir a adequação aos padrões de qualidade de água, podem causar problemas. A maioria das técnicas de desinfecção, inclusive o cloro, são responsáveis pela liberação de sub-produtos tóxicos que comprometem a qualidade da água tratada.

Não faz parte do escopo deste trabalho a descrição de todos os sub-produtos que podem decorrer da oxidação de matéria orgânica todavia, é importante mencionar que as algas, além de propiciar a formação de Trihalometanos, cancerígenos, podem, dependendo da espécie, liberar toxinas como é o caso das cianotoxinas, que comprometem a qualidade da água.

A melhor forma de controlar a formação de sub-produtos durante as etapas de oxidação é remoção de seus precursores através de técnicas de aeração e adsorção em carvão ativado descritas a seguir.

Uma vez liberadas as toxinas, seu controle torna-se mais difícil.

### ✓ Coagulação/Floculação

A presença de algas implica em maior estabilidade das partículas em suspensão aumentando a dosagem de produtos químicos e no custo do metro cúbico de água tratada. Durante a floculação, o peso específico menor das algas leva pode levar à flotação dos flocos causando problemas nos filtros.

### ✓ Filtros Lentos

De acordo com Di-Bernardo, 2001, um dos mais eficientes sistemas para o controle de alga sem a lise das células é a filtração lenta. Todavia, a presença de algas causa a obstrução rápida dos filtros de areia em virtude do reduzido tamanho dos grãos de areia. A solução comumente adotada tem sido a utilização de micropeneiradores ou de uma etapa de pré-filtração em pedregulho.

### ✓ Estações compactas com Filtração Direta Descendente

A presença de algas em sistemas de filtração descendente influencia além do tempo de ciclo entre lavagens, no consumo de coagulantes. A aplicação de sulfato de alumínio na água de lavagem tem apresentado bons resultados na eficiência da limpeza dos meios filtrantes.

### ✓ Flotação

Estudos em estações de tratamento de água nos EUA (Edzwald e Wingle) apontam como a melhor forma de otimizar a remoção de algas neste processo, a utilização de coagulação com sulfato de alumínio seguida de neutralização das cargas na superfície das algas com policloreto de alumínio.

É interessante lembrar que em muitos casos de mananciais com elevada presença de algas, a flotação passa a ser a alternativa mais interessante para tratamento físico-químico da água uma vez que a densidade das algas é menor.

### ✓ Sistemas baseados em membranas

A presença de algas em sistemas baseados em membranas (ultrafiltração e microfiltração) diminui o intervalo entre as limpezas e reduz a recuperação de permeado, todavia não compromete a qualidade do efluente do sistema. A solução comumente adotada tem sido o controle do florescimento de algas em reservatórios.

✓ Adsorção química em carvão ativado

A adsorção em carvão ativado tem sido a alternativa mais utilizada em casos extremos, aonde a concentração de algas e seus sub-produtos provam significativas alterações no sabor, odor e toxicidade da água produzida.

A utilização de carvão ativado pode ser realizada de três formas.

- 1) Aplicação de carvão ativado em pó antes do início do tratamento. Esta alternativa é utilizada em estações de tratamento de grande porte. Permite remover as algas e seus metabólitos com grande eficiência porém não permite a recuperação do carvão.
- 2) Aplicação de carvão ativado granular. Esta alternativa, apesar de menos eficiente que o carvão em pó, permite a recuperação e reutilização do carvão através da coleta nos decantadores.
- 3) Utilização de leitos de filtração multimídia ou de carvão ativado. Esta opção é convencionalmente adotada em instalações compactas. O carvão, ao invés de ser dosado na água, é utilizado como carga de um filtro que periodicamente é lavado.

O uso de carvão ativado em pó (CAP), visando a adsorção de compostos orgânicos que conferem odor e sabor à água, pode ser adicionado antes ou após a pré-oxidação. No caso da pré-cloração, o CAP pode ser adicionado na câmara de chegada da água bruta, antes da aplicação do cloro e do coagulante se houver unidade de pré-sedimentação em seguida. Há casos em que a aplicação do cloro é feita na captação, de forma que o CAP pode ser aplicado na câmara de chegada da água, e irá adsorver o residual de cloro. Quando é usado o ozônio, o CAP pode ser aplicado após a câmara de ozonização.

## ESTUDO DE CASO SISTEMA GUARAPIRANGA

A bacia hidrográfica da represa Guarapiranga localiza-se na porção sudoeste da RMSP. Abrange de forma parcial os municípios de Cotia, Embu, Jquitiba, São Lourenço da Serra e São Paulo, e a totalidade dos municípios de Embu-Guaçu e Itapeceira da Serra, conforme pode apresentado na Figura 10.

Com uma área de drenagem de 63.911 hectares (639km<sup>2</sup>), a bacia do Guarapiranga constitui atualmente o segundo maior manancial do sistema de abastecimento da RMSP. A produção média de água é de 14,0m<sup>3</sup>/s para atender cerca de 3,7 milhões de habitantes (20% da população da RMSP).

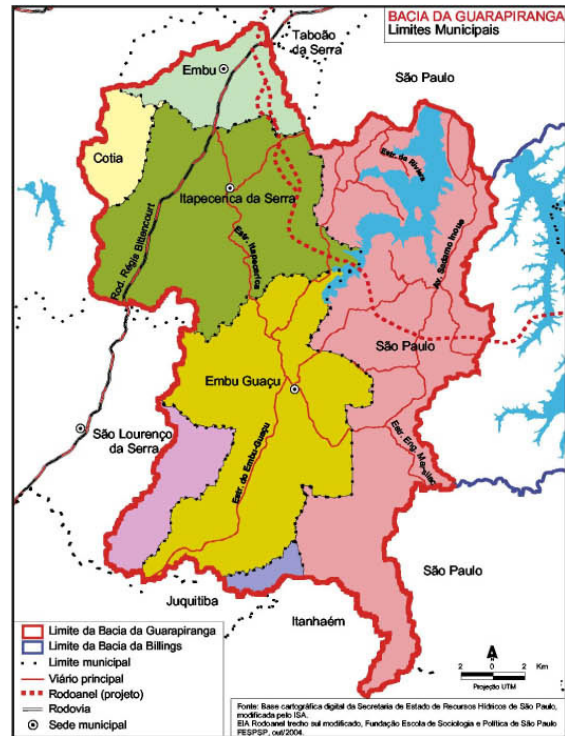


Figura 10 - Municípios que compõem o manancial Guarapiranga (ISA, 2005 apud FERNADES, 2008)

A represa Guarapiranga tem como principais contribuintes os rios Embu-Mirim, Embu-Guaçu e Parelheiros, além de diversos córregos e cursos d'água (Figura 11).

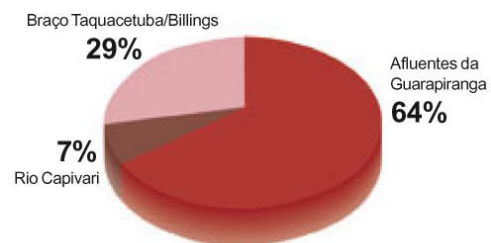


Figura 11 - Contribuição dos formadores do sistema Guarapiranga para a produção de água (ISA, 2005 apud FERNADES, 2008)

O sistema Guarapiranga e a Estação de Tratamento de Água do Alto da Boa Vista (ETA-ABV da SABESP), originalmente projetada como convencional, passou a apresentar problemas sazonais de gosto e odor, causando transtornos à população abastecida devido ao elevado grau de eutrofização do Reservatório do Guarapiranga. Além disso, com o elevado índice de material orgânico natural, como o ácidos húmicos e fulvicos, também é crescente a preocupação com os compostos organoclorados.

Os pontos de amostragem nos Reservatórios Guarapiranga e Billings foram definidos levando-se em conta o caminho da água ao longo do sistema, com



objetivo de acompanhar a qualidade da água transferida, conforme apresentado na Figura 12.

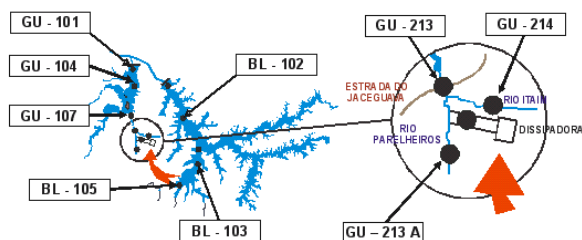


Figura 12 - Pontos de amostragem utilizados pela SABESP para monitoramento da qualidade da água das represas Billings e Guarapiranga (FERNANDES, 2007)

Com monitoramento realizado no reservatório e na água tratada, observaram-se problemas de gosto e odor resultantes da liberação de sub-produtos metabólicos de algas e demais microrganismos na água bruta e que, dentre estes, os mais significativos são o compostos MIB e Geosmina. As concentrações destes na água bruta situaram-se na faixa de 80 ng/l a 120 ng/l para os episódios mais significativos.

No final dos anos 80, a SABESP definiu duas linhas de atuação, em paralelo, com o objetivo de solução do problema, a saber:

- Implementação do Laboratório de Química Orgânica com o objetivo de efetuar rotineiramente o monitoramento da qualidade da água bruta e tratada com respeito à presença de MIB e Geosmina.
- Otimização da operação da ETA-ABV com o objetivo de maximização da sua capacidade de remoção de MIB e Geosmina.

Novas tecnologias de tratamento tiveram de ser incorporadas ao processo de tratamento. Dentre as tecnologias passíveis de serem implementadas na solução de problemas de gosto e odor estão os processos de arraste por ar difuso e “air stripping”, oxidação química, adsorção em carvão ativado granular e em pó.

A partir de 1990, com o intuito de remover compostos orgânicos causadores de gosto e odor na água tratada da ETA ABV, oriundos da proliferação de algas azuis (cianofíceas), iniciou-se a aplicação de carvão ativado em pó (CAP). Em princípio, esta adição era efetuada no início do processo de tratamento da ETA ABV. Entretanto, estudos conduzidos em escalas de bancada e piloto mostraram que a eficiência do processo de adsorção está diretamente relacionada com as seguintes variáveis:

- qualidade do CAP;
- preparo da suspensão de CAP para posterior aplicação;
- ponto de aplicação;
- tempo de contato entre o adsorvente (CAP) e o adsorvato (substâncias causadoras de gosto e odor) e;
- relação entre a capacidade de adsorção do CAP e a concentração do adsorvato na fase líquida.

Em 1999, com base nos resultados obtidos, a SABESP implantou um novo sistema de aplicação deste produto na estação elevatória de água bruta do Guarapiranga (EEAB Guarapiranga), com capacidade de dosagem de 40 toneladas de CAP por dia. A mudança do ponto de aplicação permitiu um ganho de aproximadamente 30 minutos no tempo de contato. Deste modo, resultou um tempo de contato da ordem de 40 a 60 minutos do material adsorvente com os compostos orgânicos causadores de gosto e odor presentes na água bruta.

A dosagem de carvão ativado em pó máxima passível de ser aplicada na água bruta é de 40 mg/l e foi definida tendo-se um horizonte de concentração de MIB e Geosmina na água bruta da ordem de 100 ng/l. No entanto, desde o final do ano de 1999, foram observadas concentrações de MIB na água bruta da ordem de 200 ng/l a 600 ng/l e picos acima de 1000ng/l, valores estes muito superiores aos valores de 100 ng/l e novos estudos foram iniciados e permanecem em desenvolvimento para minimizar este problema.

Com relação aos THMs, como o processo convencional de tratamento visa a remoção de cor e turbidez, a SABESP procura otimizar o processo de coagulação para remover os precursores de compostos organo-halogenados, elevando-se a qualidade da água distribuída. Antes de qualquer modificação no processo de tratamento é imprescindível fazer testes com a água a ser tratada. Compete ao responsável pelo serviço de água avaliar quais as medidas a serem tomadas na coagulação/decantação para obter melhores resultados na minimização da formação e na maximização da remoção dos compostos causadores de gosto e odor e de THMs.

A estratégia de retardar ao máximo a aplicação de cloração, para o final do tratamento e a substituição da pré-cloração por pré-oxidação com um desinfetante alternativo em muitos casos ajuda a reduzir a destruição das células de lagas e demais microrganismos e a concentração de THMs na água final, porque permite que estes microrganismos e a matéria orgânica natural (MON) seja removida antes da adição de cloro.



---

A Sabesp implantou o sistema de permanganato de potássio (KMnO<sub>4</sub>) como alternativa de agente pré-oxidante junto à captação no reservatório Guarapiranga. A oxidação com permanganato de potássio é ótima para metais, ferro e manganês, e também eficaz para diminuir a lise celular e conseqüentemente os odores de algas.

Apesar do alto custo, a opção ao cloro reduzindo seu consumo minimiza a formação de THMs porém não controla gosto e odor devido diretamente aos compostos de Geosmina e MIB.

Outra estratégia recomendada para a ETA ABV é otimizar a coagulação para remoção de precursores de THMs, como por exemplo trabalhar com pH de coagulação mais baixo.

## **BIBLIOGRAFIA**

ANDREOLI, V. C. E CARNEIRO, C. Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. Cap 8

CHAPRA, S.C. Surface Water-Quality Modeling. Mc Graw-Hill, 1997.

DI BERNARDO, L. Controle de algas. ABES.

DI BERNARDO, L. Algas e suas Influências na Qualidade das Águas e nas Tecnologias de Tratamento. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. Vols 1 e .2. , Editora RiMa, 2005.

FERNANDES, A. N., Arquivos técnicos, Estação de tratamento de água do Alto da Boa Vista, SABESP, 1991 – 2008.

TJOGAS, PAUL; HORNE, ALEX; NICCUM, MICHAEL Designing for Algae Proliferation in a New Reclaimed Water Reservoir, 2007

TUNDISI, J. G. Água no século XXI. Cap 4 e 5

VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG. 3ª edição, volume 1. Belo Horizonte, 2005.

WATER & WASTE WATER TREATMENT – Edition oct/2006, page 24, ALGAL TREATMENTS, 2006

ZAGATTO et al, P.A.. Manual de Orientação em Casos de Florações de Algas Tóxicas: um Problema Ambiental e de Saúde Pública. São Paulo: CETESB, 1997.