



## I-111 – COMPARAÇÃO DA FLOTAÇÃO POR AR DISSOLVIDO E SEDIMENTAÇÃO NO TRATAMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO POLICLORETO DE ALUMÍNIO

### Filipe Manuel Freire Lopes

Licenciado em Ciências da Engenharia – Engenharia do Ambiente pelo Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa – (ISA-UTL) e Mestre em Engenharia do Ambiente pelo Instituto Superior de Agronomia (ISA) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

### Lucila Adriani Coral<sup>(1)</sup>

Tecnóloga em Química Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

### Flávio Rubens Lapolli

Professor Associado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP) e Université de Montpellier II (França).

### Elizabeth Costa N. F. de Almeida Duarte

Professora Catedrática do Instituto Superior de Agronomia (ISA-UTL), Departamento de Química Agrícola e Ambiental. Licenciada em Química (ramo de Investigação), da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra. Master of Science em Bioinorganics, da Universidade de Oxford. Doutora em Engenharia do Ambiente pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL).

### Maria João Estêvão Marnoto

Licenciada em Ciências da Engenharia – Engenharia do Ambiente pelo Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa – (ISA-UTL) e Mestre em Engenharia do Ambiente pelo Instituto Superior de Agronomia (ISA) e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Campus Universitário - Trindade - Florianópolis - SC - CEP: 88010- 970 - Brasil - Tel: (48) 3721-7750  
- e-mail: [lucila\\_coral@yahoo.com.br](mailto:lucila_coral@yahoo.com.br)

### RESUMO

A sedimentação é um processo bastante utilizado no pré-tratamento de águas de abastecimento. No entanto, devido a algumas situações onde não se mostra eficaz, a busca por novos processos, como a flotação, é estimulada. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo, avaliar comparativamente os processos de flotação por ar dissolvido e sedimentação para o tratamento de águas destinadas ao abastecimento público. A água utilizada na avaliação proposta foi coletada na Lagoa do Peri, manancial utilizado como fonte de abastecimento de água para a Ilha de Santa Catarina. O policloreto de alumínio foi utilizado como agente coagulante neste estudo. A relação “dosagem de coagulante x pH de coagulação” foi inicialmente otimizada, tendo sido determinada em função da construção dos diagramas de coagulação para os dois processos avaliados, o que permitiria a realização das fases subsequentes de otimização dos parâmetros de mistura rápida e floculação. Os resultados obtidos no processo de flotação indicaram porcentagens de remoção de 84% para cor e turbidez e de 67% para substâncias húmicas, respectivamente. Para a sedimentação, verificou-se porcentagens de remoção de 73% para cor, 79% para turbidez e 58% para substâncias húmicas, um pouco inferiores para todos os parâmetros. A flotação por ar dissolvido associada à utilização do policloreto de alumínio mostrou-se uma alternativa à sedimentação no tratamento de águas destinadas ao abastecimento público, conseguindo valores superiores de remoção, o que apresenta vantagens no tratamento, uma vez que irá permitir a obtenção de carreiras mais longas de filtração.

**PALAVRAS-CHAVE:** Flotação por ar dissolvido, Sedimentação, Policloreto de alumínio, Águas de abastecimento.

### INTRODUÇÃO

A água destinada ao consumo humano deve preencher condições mínimas para que possa ser ingerida ou utilizada para fins higiênicos, tais como estar isenta de microrganismos patogênicos e, com relação à



substâncias orgânicas ou inorgânicas, os teores das mesmas não deverão ser prejudiciais ao ser humano. Uma variedade de impurezas podem estar contidas na água, destacando-se as partículas coloidais, substâncias húmicas e microrganismos em geral. Tais impurezas apresentam carga superficial negativa, impedindo que as mesmas aproximem-se umas das outras, permanecendo no meio se suas características não forem alteradas. Para que as impurezas possam ser removidas, é preciso alterar-se algumas características da água e, conseqüentemente, das impurezas, por meio de coagulação, floculação, sedimentação ou flotação e filtração (DI BERNARDO, 1993).

A escolha do coagulante é um fator que influencia na eficiência do processo de tratamento, devido à suas características e dosagem empregada. O Policloreto de Alumínio (PAC) também conhecido como Hidróxicloreto de Alumínio (HCA), na maioria dos casos, revela-se como coagulante superior ao Sulfato de Alumínio em termos de eficiência. Para a eliminação das substâncias coloidais, sua eficácia, em média, é 1,5 e 2,5 vezes superior em igualdade de dosagem em íon  $Al^{3+}$  à dos outros sais de alumínio. Devido ao seu estado pré-polimerizado e a característica de sua estrutura molecular condensada com pontes de oxigênio entre os átomos de alumínio, o PAC apresenta vantagens na floculação em relação aos demais coagulantes inorgânicos, principalmente pela maior concentração de elemento ativo ( $Al_2O_3$ ) (PAVANELLI, 2001).

Dentre as etapas envolvidas no tratamento de água para abastecimento, a coagulação e a floculação são de grande importância em Estações de Tratamento de Água (ETA), porque delas depende a eficiência das unidades subsequentes, tais como a sedimentação ou flotação e a filtração. Essas etapas são principalmente utilizadas para promover a posterior remoção de cor e turbidez de águas naturais, provocadas, na maior parte dos casos, pela presença de substâncias húmicas e de colóides (SANTOS, 2001).

O processo de clarificação (sedimentação ou flotação) apropriado para uma aplicação particular depende da água a ser tratada e das circunstâncias e necessidades locais. A partir dessas informações, verifica-se que cada água a ser tratada deve ser analisada através de diagramas de coagulação, visando a otimização dos parâmetros de pH versus dosagem de coagulante, e buscando o melhor coagulante pelo menor custo (PAVANELLI, 2001). Os diagramas de coagulação, nos quais se têm curvas de mesma turbidez ou cor aparente em função da dosagem de coagulante em ordenadas e do pH de coagulação em abcissas, podem constituir-se em ferramentas importantes quando devidamente utilizadas no campo do tratamento de água (DI BERNARDO; PAIXÃO, 1997).

Como destacado por Assis (2006), vários autores verificaram que o processo de flotação surge como alternativa para o tratamento de águas que apresentam dificuldades de serem tratadas pelo processo de sedimentação, como águas com partículas de baixa densidade, que possuem tendência natural para flutuar, águas ricas em nutrientes, com alta concentração de algas, cor elevada, baixa turbidez e alcalinidade e águas turvas com baixo conteúdo orgânico, que ao serem submetidas ao tratamento químico utilizando produtos, normalmente empregados para a coagulação, produzem flocos com baixa velocidade de sedimentação. O tratamento de águas com tais características, pelo processo de sedimentação, necessita, normalmente, da aplicação de altas dosagens de coagulante, que, conseqüentemente, aumentam os custos e produzem quantidade exacerbada de lodo nos decantadores, dificultando sua disposição final (REALI; MARCHETTO, 1997).

A flotação pode ser uma alternativa interessante e competitiva no tratamento de águas com cor elevada e baixa turbidez, cujos flocos formados geralmente apresentam baixa massa específica, havendo comprometimento na sua remoção por sedimentação.

Assim, este trabalho teve por objetivo principal, comparar a eficiência dos processos de flotação por ar dissolvido e sedimentação na remoção de cor, turbidez e matéria orgânica, utilizando o policloreto de alumínio como coagulante.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Reúso de Águas (LaRA) e no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA), do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).



A água utilizada nos ensaios foi coletada na Lagoa do Peri, manancial utilizado como fonte de abastecimento de água potável para a costa leste/sul da Ilha de Santa Catarina. Após a coleta, procedeu-se a caracterização da água de estudo em função dos parâmetros pH, temperatura, cor aparente, cor verdadeira, turbidez, oxigênio dissolvido, alcalinidade, condutividade elétrica, sólidos suspensos totais e sólidos dissolvidos totais, matéria orgânica e substâncias húmicas através de medidas de absorvância UV<sub>254nm</sub>.

Os ensaios foram realizados em três etapas. Na primeira etapa procedeu-se a avaliação da melhor dosagem de coagulante em função do pH de coagulação para a construção dos diagramas de coagulação relativos aos processos de flotação e sedimentação. A segunda etapa consistiu na avaliação dos efeitos da mistura rápida (gradiente e tempo de mistura rápida) sobre a eficiência dos processos, em função da relação ótima pH de coagulação x dosagem de coagulante obtidos anteriormente. Na última etapa do trabalho, empregando-se os melhores valores de  $G_{mr}$  e  $T_{mr}$ , avaliou-se a influência da floculação (gradiente e tempo de floculação) sobre a flotação e sedimentação, de modo a indicar os valores ótimos para tais parâmetros em relação à eficiência de remoção de cor, turbidez e matéria orgânica.

Os ensaios experimentais foram realizados em escala de bancada, utilizando-se equipamento de flotação (“floteste”), constituído por jarros de coagulação/floculação e flotação por ar dissolvido, com capacidade para 2 litros, e câmara de pressurização, podendo ser utilizados, igualmente, para ensaios de sedimentação. As coletas de amostra para determinação dos parâmetros analíticos foram realizadas na altura do ponto de coleta relativo ao processo empregado (12 cm da base do jarro para a flotação e 7 cm abaixo da superfície da água para a sedimentação). O procedimento operacional do equipamento foi realizado conforme descrito por Centurione Filho e Di Bernardo (2003). Em todos os ensaios a temperatura da água de estudo foi mantida em  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ , procurando evitar a influência deste parâmetro no processo.

O coagulante utilizado foi o policloreto de alumínio, contendo 16,98% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Foram aplicadas dosagens entre 10 e 45 mg/L, a partir de uma solução de 10 g/L (1%) do produto. Para promover uma variação ampla dos valores de pH de coagulação, foi utilizado o hidróxido de sódio como alcalinizante, em concentração igual a 10 mg/L, com aplicação inicial de 0,5 mL para cada concentração avaliada. Não optou-se pela aplicação de ácido para a correção do pH de coagulação, devido a este não ser comumente utilizado nas estações de tratamento de água (DI BERNARDO, 1994).

Os métodos para determinação de turbidez, alcalinidade e pH seguiram a recomendação do Standard Methods 21ª edição (APHA, 2005). A determinação das substâncias húmicas foi medida pela absorvância ao ultravioleta lida diretamente no espectrofotômetro marca Varian Cary 1E UV-Visible no comprimento de onda de UV 254nm. O teor de matéria orgânica, por sua vez, foi determinado por meio da avaliação do oxigênio consumido em meio ácido, que é um indicador da concentração de matéria orgânica carbonácea presente na amostra.

Na sequência, tem-se uma melhor esplanção das condições de trabalho adotadas nas fases do estudo.

### **Fase 1 – Otimização da dosagem de coagulante e pH de coagulação com a construção de diagramas de coagulação**

Os parâmetros da mistura rápida, floculação e flotação foram fixados baseando-se em estudos realizados por Centurione Filho (2002) tendo-se mantido os mesmos parâmetros de mistura rápida e floculação para ambos os processos:

- Mistura rápida: Gradiente de mistura rápida ( $G_{mr}$ ) =  $1000 \text{ s}^{-1}$ ; Tempo mistura rápida ( $T_{mr}$ ) = 10 s;
- Floculação: Gradiente de floculação ( $G_f$ ) =  $25 \text{ s}^{-1}$  e Tempo de floculação ( $T_f$ ) = 10 min;
- Flotação: Pressão na câmara de saturação = 400 kPa; Tempo de saturação = 8 min; Taxa de recirculação = 10%; Velocidades ascensionais de 10 e 5 cm/min;
- Sedimentação: Velocidade de sedimentação de 1,0 e 0,5 cm/min.

A dosagem do agente coagulante (PAC) x pH de coagulação foi otimizada para posterior construção dos diagramas de coagulação, semelhante ao proposto por Amirtharajah e Mills, em 1982, e bastante estudado e utilizado por Di Bernardo (1993). Os diagramas de coagulação foram construídos para cor aparente e turbidez remanescentes.

**Fase 2 – Influência dos parâmetros de mistura rápida na eficiência da flotação e da sedimentação**

Após a construção dos diagramas de coagulação, selecionou-se o ponto que apresentou menor cor e turbidez remanescentes, tanto para o diagrama do ensaio de flotação como para o de sedimentação, tendo-se determinado também a melhor velocidade para ambos os processos. Com o par de valores de “pH de coagulação x dosagem de coagulante”, obtido anteriormente para a flotação e sedimentação, foi estudada a influência da mistura rápida e da floculação sobre os parâmetros de turbidez, cor aparente e absorvância. Foram avaliados os seguintes valores: Gmr (800, 1000 e 1200 s<sup>-1</sup>), Tmr (5, 10 e 15 s); Gf (20, 25 e 30 s<sup>-1</sup>) e Tf (5, 10 e 15 min).

**Fase 3 – Influência dos parâmetros de floculação na eficiência da flotação e da sedimentação**

Com o par de valores ótimos escolhidos na fase 1 e os parâmetros de mistura rápida determinados na etapa anterior (Fase 2), foi estudada a influência do tempo e gradiente de velocidade médio de floculação na remoção de turbidez e cor aparente para ambos os processos avaliados.

**RESULTADOS**

Como mencionado em item anterior, optou-se por utilizar neste estudo água natural proveniente da Lagoa do Peri, com o objetivo de avaliar as condições reais da água utilizada para abastecimento.

Para o completo desenvolvimento do experimento, foram realizadas três coletas de água. Em todos os dias de atividade experimental, a água de estudo foi monitorada quanto aos parâmetros alcalinidade, condutividade elétrica, cor aparente, cor verdadeira, matéria orgânica, pH, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, temperatura, substâncias húmicas e turbidez. Essa caracterização tinha como objetivo garantir que os experimentos fossem realizados com água de qualidade inicial similar, de modo a reduzir erros quando da avaliação dos resultados obtidos.

Na Tabela 1 são indicadas as características da água coletada na Lagoa do Peri em termos dos valores médios determinados. Como pode ser observado, os valores de desvio padrão correspondentes aos vários parâmetros medidos para a água bruta não são elevados, podendo-se aceitar as comparações realizadas para a água de estudo nos diferentes dias de coleta ser aceitas comparações entre as águas de estudo

**Tabela 1: Características da água de estudo**

Parâmetros avaliados	valores±desvio padrão	C.V. ( $\sigma/\mu$ )*100
pH	6,81±0,14	2,01
Temperatura (°C)	21±0,76	3,67
Cor aparente (uH)	73±4,51	6,12
Cor verdadeira (uH)	11±2,00	18,18
Turbidez (uT)	5,34±0,41	7,61
Condutividade (µS/cm)	52±1,46	2,80
Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,8±0,49	5,03
Alcalinidade (mg/L)	10±0,00	0,00
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	3,83±0,58	15,06
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	68,00±3,46	5,09
Substâncias Húmicas	0,1102±0,00	2,14
Matéria Orgânica (mg/L)	2,4±0,00	0,00

**Fase 1 – Otimização da dosagem de coagulante e pH de coagulação com a construção de diagramas de coagulação**

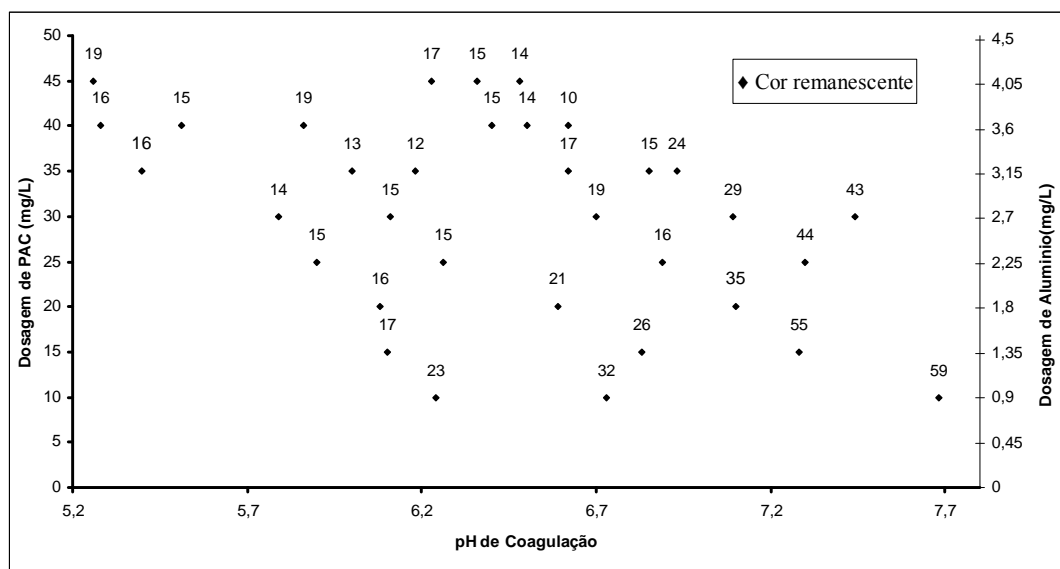
A partir dos resultados obtidos durante a fase 1, verificou-se uma melhor eficiência de remoção em todos os parâmetros avaliados para os maiores tempos de coleta, relativos às velocidades de 5 cm/min e 0,5 cm/min para a flotação e sedimentação, respectivamente, o que se deve ao maior tempo para a ascensão dos flocos na flotação e maior tempo de decantação para a sedimentação.

Em função das combinações de dosagem de coagulante x pH de coagulação, foram obtidos 32 pares de valores para a sedimentação e 34 pares de valores para a flotação, a partir de dosagens de PAC de 10 mg/L até



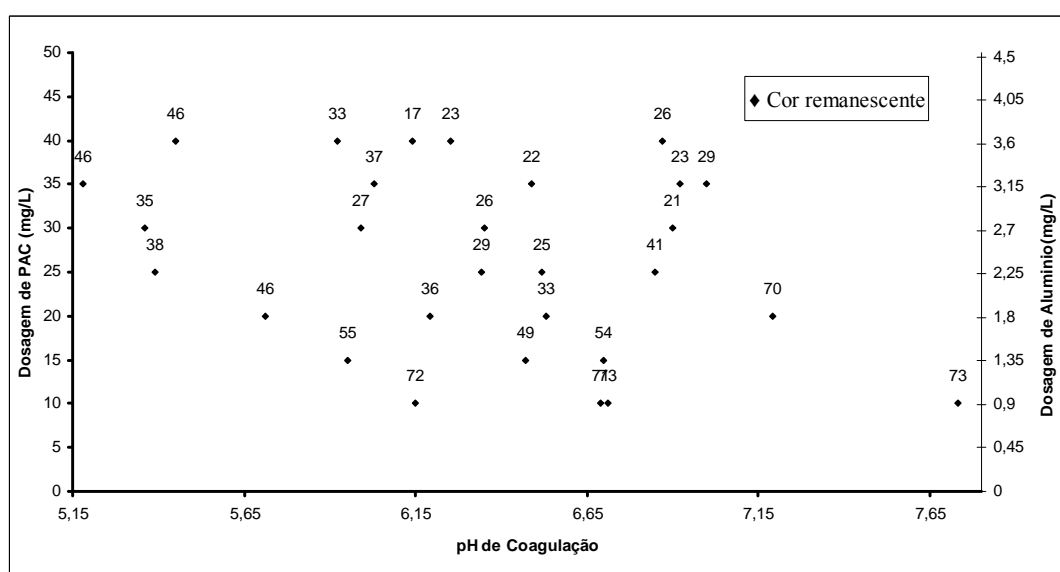
45 mg/L para ambos os ensaios, variando-se as dosagens de 5 em 5 mg/L. O hidróxido de sódio foi adicionado nas dosagens de 0 mg/L até 1,75 mg/L para promover a variação do pH de coagulação.

Na Figura 1, tem-se a representação do diagrama de coagulação obtido em relação à porcentagem de remoção de cor remanescente nos ensaios realizados para a flotação, para velocidade de flotação de 5 cm/min. Pode-se observar que o menor valor de cor 10 uH, foi obtido para a relação pH de coagulação 6,62 e dosagem de coagulante igual a 40 mg/L. Para o mesmo ponto obteve-se turbidez remanescente de 0,88 uT.



**Figura 1: Diagrama de coagulação para os valores de cor remanescente em função da dosagem de coagulante e pH de coagulação para o ensaio de flotação ( $V_a = 5$  cm/min).**

No ensaio de sedimentação, do qual pode ser observado o diagrama de coagulação relativo à cor remanescente na Figura 2, o menor valor de turbidez e cor remanescente foi 1,06 uT e 23 uH, respectivamente, tendo sido obtido como relação ótima, pH de coagulação de 6,92 e dosagem de coagulante de 35 mg/L. Embora um menor valor de cor (17 uH) tenha sido obtido para outra relação “dosagem de coagulante x pH de coagulação”, considerou-se o menor valor de turbidez como fator de escolha.



**Figura 2: Diagrama de coagulação para os valores de cor remanescente em função da dosagem de coagulante e pH de coagulação para o ensaio de sedimentação ( $V_s = 0,5$  cm/min).**

Em comparação aos resultados obtidos para a flotação, a sedimentação mostrou-se menos eficiente, e apresentou uma menor faixa de atuação, em relação à dosagem de coagulante e de pH de coagulação.

### Fase 2 – Influência dos parâmetros de mistura rápida na eficiência da flotação e da sedimentação

Na escolha das condições de mistura rápida, foram levadas em consideração apenas os parâmetros cor e turbidez, apesar de se apresentar também os valores de absorbância estes não influenciaram na escolha do ponto ótimo, estão apenas representados para comparação. Os resultados da otimização dos parâmetros de mistura rápida resultaram em um valor ótimo de turbidez e cor para  $G_{mr}$  de  $1000\text{ s}^{-1}$  e  $T_{mr}$  de 5 s para ambos os processos, tendo-se máxima remoção de cor de 14 uH e 0,9 uT de turbidez para flotação, e 19 uH para cor e 1,29 uT para turbidez na sedimentação.

Como é possível observar na Figura 3, obteve-se, como esperado, uma porcentagem de remoção mais elevada para a flotação em comparação à sedimentação, registrando-se diferenças muito semelhantes tanto para a turbidez quanto para a cor. Em relação à absorbância as porcentagens de remoção foram mais baixas tendo sido de 64 % na flotação e apenas 55% na sedimentação.

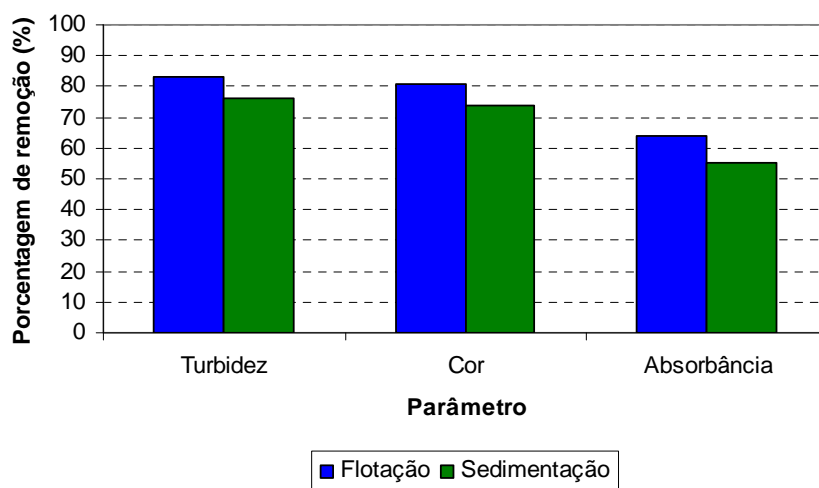
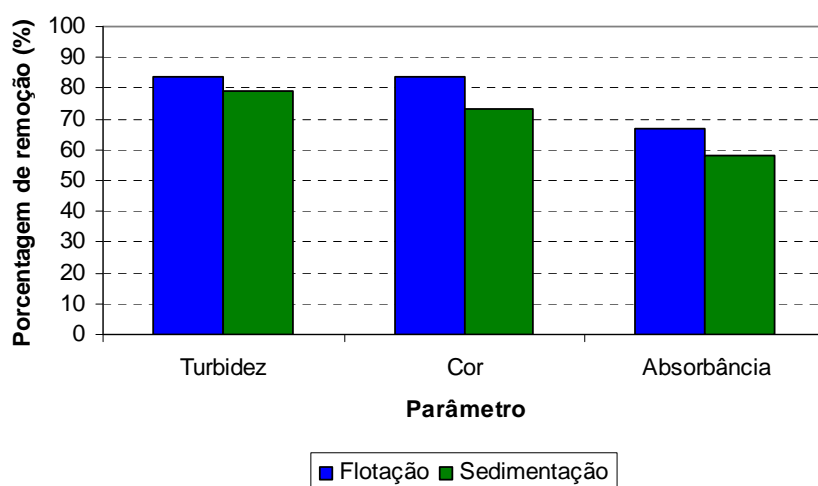


Figura 3: Porcentagem de turbidez, cor e absorbância removida no ponto ótimo ( $G_{mr} = \text{s}^{-1}1000$ ;  $T_{mr} = 5\text{ s}$ ) para o ensaio de flotação e sedimentação.

### Fase 3 – Influência dos parâmetros de floculação na eficiência da flotação e da sedimentação

Avaliando-se os parâmetros de floculação para os dois processos, verificou-se maiores porcentagens de remoção comparativamente à etapa anterior, o que se deve a aplicação dos valores ótimos de mistura rápida determinados inicialmente, contribuindo para melhores condições de trabalho. Para a flotação, este aumento foi menos expressivo se comparado a sedimentação. Na Figura 4, tem-se a representação gráfica da eficiência de remoção dos parâmetros analíticos cor, turbidez e absorbância, sendo os valores médios de remoção obtidos de 84% para turbidez e cor e 67% para a absorbância, considerando-se a flotação, e de 73%, 79% e 58% para turbidez, cor e absorbância, respectivamente, considerando-se a sedimentação.





**Figura 4: Porcentagem de turbidez, cor e absorvância removida no ponto ótimo ( $G_f = 25 \text{ s}^{-1}$ ;  $T_f = 15 \text{ min}$ ) para o ensaio de flotação e sedimentação.**

A partir das avaliações propostas, pode-se constatar que, independentemente do processo de clarificação adotado (flotação ou sedimentação), os parâmetros de mistura rápida e floculação não exerceram influência direta nos resultados obtidos em termos de eficiência de remoção para os parâmetros de qualidade determinados. Dessa forma, pode-se considerar neste estudo, que a maior eficiência da flotação em comparação a sedimentação, deveu-se, basicamente, às características do processo e não aos parâmetros de projeto avaliados (mistura rápida e floculação). No entanto, a determinação destes parâmetros é relevante quando se deseja otimizar o desempenho do processo em função da qualidade da água tratada.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A construção e a aplicabilidade dos diagramas de coagulação com vistas à clarificação por flotação e sedimentação é igualmente proveitosa e conveniente na escolha de um par de valores de “dosagem de coagulante x pH de coagulação”, que proporcionam maior remoção de turbidez e cor;

As condições apropriadas para a coagulação foram obtidas a partir dos mecanismos de varredura, com dosagem de PAC de 40 mg/L e pH de coagulação de 6,62 para a flotação e dosagem de PAC de 35 mg/L e pH de coagulação de 6,92 para o ensaio e sedimentação, considerando-se a remoção de turbidez e cor;

O estudo das condições de mistura rápida mostrou-se importante para a escolha do tempo e gradiente de mistura rápida apropriados, tendo-se obtido  $G_{mr}$  e  $T_{mr}$  de  $1000 \text{ s}^{-1}$  e 5 s, respectivamente;

O estudo das condições de floculação mostrou-se importante na escolha do tempo e gradiente de floculação no que se refere à remoção de turbidez e cor aparente, obtendo-se para  $G_f$  e  $T_f$ , valores iguais a  $25 \text{ s}^{-1}$  e 15 minutos, respectivamente;

O policloreto de alumínio mostrou-se eficiente na coagulação e floculação, obtendo-se flocos com características apropriadas para o processo de flotação e sedimentação.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMIRTHARAJAH, A.; MILLS, K.M. Rapid-mix design for mechanism of alum coagulation. *Journal American Water Work Association*, 74 (4); pp.210-216. 1982.
2. ASSIS, R. S. S. Remoção de *Microcystis aeruginosa* e Microcistinas por flotação por ar dissolvido - Estudo em escala de bancada utilizando sulfato de alumínio e cloreto férrico como coagulantes. 2006. Dissertação de Mestrado- Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
3. CENTURIONE FILHO, P. L.; DI BERNARDO, L. Procedimento para execução de ensaios de flotação/filtração em equipamento de bancada. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 8, n. 1, 2003. p. 39-44.
4. CENTURIONE FILHO, P. L.; Desenvolvimento e operação de uma instalação de flotação de bancada para águas de abastecimento. 2002. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos-SP, 2002.
5. DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. Vo. 1. Rio de Janeiro: ABES, 1993. 481p.
6. DI BERNARDO, L. Remoção de algas em estações de tratamento de água. In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 6., 1994a. Anais do VI Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis: APRH-ABES, 1994, p. 199-213.
7. DI BERNARDO, L.; PAIXÃO, G. C. Proposição de metodologia para emprego de polímeros sintéticos como auxiliares de floculação. Congresso Interamericano Ingenieria Sanitária y Ambiental, 25., México. Anais do XXV Congresso Interamericano Ingenieria Sanitária y Ambiental. México: AIDIS, 1997. p. 8.
8. PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. 2001. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.
9. Reali, M. A. P., Marchetto, M. Clarificação por flotação de água bruta com cor moderadamente elevada. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Rio de Janeiro, Brasil, 1997. pp. 1411-1422.
10. SANTOS, H. R. Aplicação de coagulantes no afluente de reator anaeróbio de leito expandido alimentado com esgoto sanitário. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2001.