

**I-077 - INFLUÊNCIA DA PRÉ-OXIDAÇÃO E DA DOSAGEM DE PAC NA  
REMOÇÃO DE COR E TURBIDEZ NO PROCESSO DE  
COAGULAÇÃO/FLOCULAÇÃO E FILTRAÇÃO DIRETA DESCENDENTE****Andreza Sousa Gonçalves<sup>(1)</sup>**

Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

**Habila Adrielle de Souza Santos<sup>(2)</sup>**

Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

**Francisco Carlos Henrique Pio de Oliveira<sup>(3)</sup>**

Graduando em Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

**Adriana Guimarães Costa Saboia<sup>(4)</sup>**

Graduada em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Pará (2000), mestra em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (2002) e Doutora em Engenharia Civil área de concentração Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (2013). Atualmente é professora efetiva do Instituto Federal de Educação Tecnológica do Ceará –IFCE.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida 13 de Maio- Benfica - Fortaleza - CE - CEP: 60040-215 - Brasil - Tel: (85) 3307-3750 - e-mail: sousaandreza197@gmail.com**RESUMO**

A entrada intensiva de nutrientes nas águas superficiais, principalmente, o nitrogênio e o fósforo, tem ocasionado para as empresas de saneamento responsáveis pela captação, tratamento e distribuição de água uma grande problemática, pois essa condição favorece o aparecimento e floração descontrolada de algas. As florações desses organismos impedem a penetração de luz e alteram parâmetros físicos e químicos como cor, turbidez, sabor e o odor da água. Nesse contexto, a presença de algas, no processo convencional de tratamento, dificulta a formação de flocos e coágulos nos processos iniciais. Entretanto, isso pode ser reduzido a partir das dosagens de coagulantes e pré-oxidante e utilização de diferentes tecnologias de tratamento. A água bruta coletada para esse estudo foi submetida a ensaios de tratabilidade com diferentes concentrações de coagulante, PAC, e diferentes concentrações de pré-oxidante, Hipoclorito de Cálcio. Para a definição das determinantes dos ensaios, utilizou-se um programa estatístico, o *Statgraphics® Centurion XV (StatPoint, EUA)*. A maior remoção de cor esteve em 66% de eficiência. Isso implica dizer que, apesar dos valores de remoção de Turbidez chegarem até 85% , o método utilizado não teve impactos significativos para alcançar ótimos valores após tratamento. O estudo mostra que o melhor ensaio foi o 6, com dosagens de PAC de 15 mg/L e 2,0 mg/L de Hipoclorito de Cálcio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Algas, Pré-oxidante, Tratamento de água.**INTRODUÇÃO**

A poluição dos recursos hídricos aos longos dos anos tem-se tornado um problema mundial, acarretando dificuldades para produção de água para abastecimento público. A entrada intensiva de nutrientes nas águas superficiais, principalmente, o nitrogênio e o fósforo, tem ocasionado crescimento de algas, tornando-se uma dificuldade para sua produção que atenda aos padrões de potabilidade, exigidos na Portaria de Consolidação Nº 5, Anexo 2 do Anexo XX.

O crescimento desenfreado das algas em ambientes aquáticos pode causar muitos problemas como o aumento da matéria orgânica particulada, do pH e de substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas, que conferem sabor e odor na água. Além disso, o aparecimento de grandes cargas de nutrientes no manancial pode ocasionar o desaparecimento gradual do reservatório como um todo (BROOKE, 2008).

No processo convencional, o tratamento de água consiste nas etapas de coagulação, floculação, decantação e filtração, denominados processos de clarificação da água, e, logo após, há o processo de desinfecção, objetivando a eliminação de possíveis patógenos na água clarificada. A principal etapa no tratamento de água para remoção de algas é a coagulação, que consiste na adição de um coagulante químico. E, atrelada a coagulação, os processos de flotação por ar dissolvido e filtração são conjuntamente empregados (Edzwald Wingler, 1990; Fetrusevski et al., 1996).

Nesse contexto, a utilização da pré-oxidação tem-se mostrado eficiente para remoção de algas. Diversos estudos apontam que o uso de agentes oxidantes, anteriores a etapa de coagulação, potencializam o processo de remoção. (Veneu et al, 2015). A pré-oxidação é uma etapa unitária do tratamento, na qual adiciona-se um coagulante químico à água, antes que haja qualquer processo químico de tratamento. (MONDARDO, 2004) Portanto, neste estudo objetivou-se avaliar o efeito do coagulante, PAC, e do pré-oxidante, Ca(ClO)<sub>2</sub>, na remoção de cor e turbidez de água proveniente de manancial.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de Estudo

As amostras de água utilizadas foram oriundas da Barragem do Rio Cocó, localizado no município de Fortaleza, no Estado do Ceará. A barragem bloqueia as águas do rio Cocó e possui uma capacidade de armazenamento, de acordo com a Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH), de 6,4 milhões de m<sup>3</sup>.

### Ensaios de tratabilidade

Os ensaios de tratabilidade foram realizados em “*Jar test*”, modelo: Quimis Q3O5M3 de três hastes, utilizando a água *in natura* da Barragem do Rio Cocó considerando a sequência: pré-oxidação, coagulação, floculação e filtração direta descendente. O desenvolvimento do trabalho foi dividido em 3 etapas: 1. Caracterização da água bruta; 2. As dosagens de pré-oxidante e coagulante foram definidas e realizou-se as etapas de tratamento em jarros: Pré-oxidação, coagulação, floculação e filtração direta descendente; 3. Avaliação da eficiência de remoção de cor e turbidez.

Inicialmente, para simular a etapa de pré-oxidação foi adicionado dosagens de Hipoclorito de Cálcio (Ca(OCl)<sub>2</sub>) com 65% de Cloro ativo e tempo de contato de 10 minutos. Após o procedimento, na etapa seguinte de coagulação, aplicou-se um tempo de mistura de 60 segundos e gradiente de velocidade elevado, correspondendo a 120 rpm. Na etapa de floculação as velocidades de mistura foram escalonadas em ordem decrescente com rotação variando entre 60-40 rpm; e tempo de mistura lenta total foi de 21 minutos, sendo empregado um tempo de 7 minutos para cada rotação. Após os ensaios, a amostra passou por uma etapa de filtração rápida em unidade de bancada. A estrutura do filtro era feita de garrafa PET (Polietileno tereftalato) como mostrado na Figura 1. A areia da camada filtrante apresenta diâmetro efetivo  $d_{10}$  igual a 0,75mm e o coeficiente de uniformidade (CU) < 1,7. A espessura da camada filtrante foi de 10 cm, a camada suporte (brita) com 8 cm de altura. Para evitar que a camada suporte a mesma foi disposta sobre uma lâ acrílica.

**Tabela 1- Análise realizadas na água *in natura* e pós tratada.**

Parâmetro	Método	Unidade
pH	pHmetro	
Alcalinidade	Potênciométrico	mg CaCO <sub>3</sub> /L
Cor	HACH	Units PtCo
Turbidez	Turbidímetro	UT.

**Tabela 2 – Dosagens utilizadas no tratamento.**



Ensaios	PAC (mg/L)	Ca(ClO)2 (Mg/L)
1	5,00	1,00
2	25,00	1,00
3	5,00	3,00
4	25,00	3,00
5	15,00	2,00
6	15,00	2,00
7	15,00	2,00
8	0,86	2,00
9	29,14	2,00
10	15,00	0,59
11	15,00	3,41

### Análise estatística

O programa Statgraphics ® Centurion XV (StatPoint, EUA) foi utilizado para análise estatística, os ensaios foram realizados utilizando planejamento fatorial multivariado 2n, na qual era representado o número de variáveis independentes (para n = 2 o valor de  $\alpha$  é 1,414), com o ponto central em triplicata (nível 0) como mostrado na Tabela 4. A modelagem da superfície de resposta também é apresentada pelo programa. A ordem dos ensaios foi definida a partir do programa onde o mesmo sorteia a distribuição da variável independente em todos os testes, como segue: 5, 6, 8, 7, 3, 4, 2, 1, 9, 11 e 10.

**Tabela 3 – Fatores e níveis de tratamento utilizados no experimento.**

Fatores	Níveis				
	- $\alpha$	-1	0	+1	+ $\alpha$
Pré-oxidante	0,59	1	2	3	3,41
PAC (mg/l)	0,86	5	15	25	29,14

De acordo com Costa (2013) o *Statgraphics* é uma importante ferramenta de análise de dados que podem ou não ser utilizados para confirmar hipóteses, relacionadas aos objetivos da pesquisa. Além disso, é possível utilizar uma ou mais variáveis ao mesmo tempo, além de possibilitar o menor números de ensaios, que implica em uma redução de tempo e de custo de materiais.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 4 encontram-se os resultados obtidos da água bruta para os ensaios com pré-oxidante e PAC para os parâmetros de: pH, cor, turbidez e alcalinidade. Em seu estado bruto, a água coletada apresentava altos valores para cor e turbidez. Torgan (1989) discute que a presença de algas confere cor à água, portanto, os valores de cor inferem-se à floração de algas, devido ao estado trófico da barragem.. O parâmetro Turbidez refere-se, de uma forma geral, a concentração de partículas suspensas e coloidais presentes na água líquida, o que conferem sabor às características da água. Além disso, altas concentrações de turbidez estão intrinsecamente ligadas a segurança sanitária da água (Libânia, 2010).

**Tabela 4 – Caracterização da água bruta**

Parâmetro	Resultado
pH	9,26



Alcalinidade	141
Cor	293
Turbidez	99

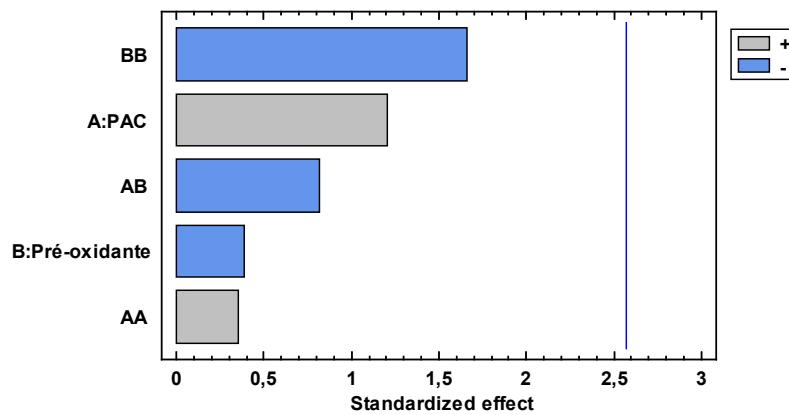
Os valores de remoção de Turbidez e Cor estão descritos na Tabela 5. É possível perceber que os ensaios obtiveram melhores resultados e eficiências na remoção de Turbidez. Os ensaios que apresentaram maiores valores de eficiência foram os 4, 5 e 6. Embora, estejam próximos do pontos de dosagens centrais, o ensaio 4 apresenta dosagens maiores do que utilizados nos demais.

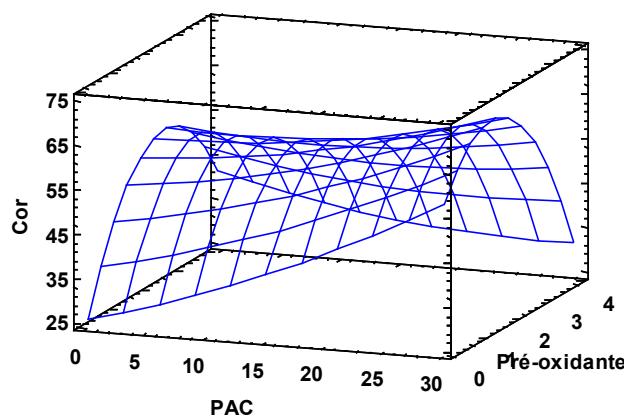
**Tabela 5 – Eficiência de remoção dos parâmetros físicos químicos de cor e turbidez pós filtro.**

Ensaio	Ef. Remoção de Turbidez (%)	Ef. Remoção de cor (%)
1	71	42
2	76	65
3	71	45
4	80	54
5	82	61
6	85	66
7	75	54
8	68	44
9	79	66
10	72	53
11	76	52

Para os parâmetros de cor aparente, pós passagem do filtro, foi possível, através do programa Estatístico, gerar um Diagrama de Pareto e estimativa da superfície de resposta, como é visualizado nas figuras 1 e 2. De acordo com o que é observado na Figura 1, a interação do Pré-oxidante foi negativa significativa, com um tempo de contato de 10 minutos de pré-oxidação. Mondardo (2004) em ensaios realizados com pré-oxidação com Cloro obteve remoções superiores a 82% com um tempo de contato de 30 min. A baixa remoção de cor pode ser atribuída ao baixo tempo de contato utilizado no presente trabalho.

O uso do pré-oxidante reagido com o PAC possui uma interação positiva, mas não significativa para os valores de remoção, segundo o programa utilizado. A interação do PAC com o Hipoclorito de Cálcio foi negativa, mas não significativa.


**Gráfico de Pareto - Cor**

**Figura 01:** Diagrama de Pareto para remoção de Cor.

**Estimativa Superfície de resposta**

**Figura 02:** Superfície de resposta para remoção de Cor.

Considerando o Diagrama de Pareto apresentado na Figura 1, percebeu-se que nenhuma das variáveis estatísticas apresentaram efeitos significativos para remoção de cor. Na figura 2, observa-se que para otimizar a eficiência de remoção, os melhores valores de dosagem estão entre 15,00 a 25,00 mg/L com a concentração de Hipoclorito de sódio de 2,0 mg/L. Quando a concentração de 2,0 mg/L foi combinada com dosagens superiores ou inferiores a 15 mg/L de PAC, não houve grandes percentuais de remoção. Para os parâmetros de turbidez pós passagem do filtro, foi possível elaborar Diagrama de Pareto e de superfície resposta, que descreve seu efeito significativo e eficiência de remoção do parâmetro, respectivamente, que estão demonstrados nas figuras 3 e 4.



Gráfico de Pareto- Turbidez

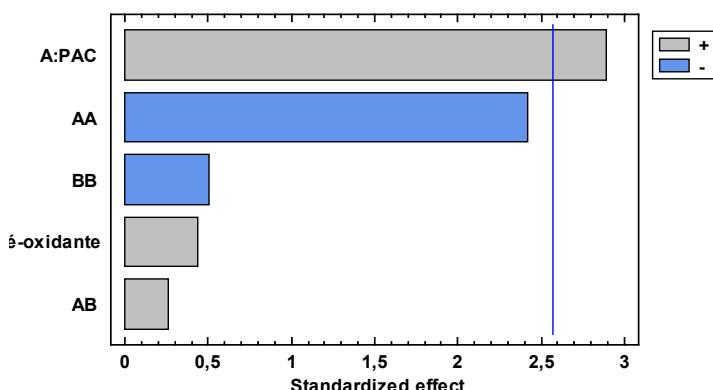


Figura 03: Diagrama de Pareto para remoção de Turbidez.

Estimativa superficie resposta

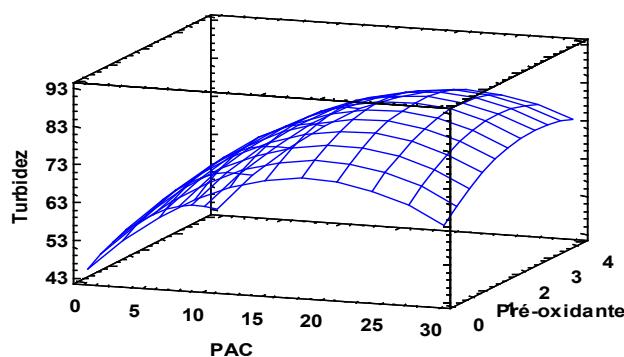


Figura 04: Superfície de resposta para remoção de Turbidez.

As dosagens de PAC causaram um efeito positivo significativo para a remoção de Turbidez. Já as dosagens de pré-oxidante causaram um efeito negativo significativo o que implica dizer que somente o coagulante foi suficiente para remoção da turbidez. No figura 4, a superfície de resposta mostra que as dosagens ótimas para o coagulante estavam entre 20 a 25 mg/L de PAC com uma concentração de 2 A 3 mg/L de Hipoclorito de Cálcio.

## CONCLUSÕES

A maior remoção de cor esteve em 66% de eficiência. Isso implica dizer que, apesar dos valores de remoção de Turbidez chegarem até 85%, o método utilizado não teve impactos significativos para alcançar ótimos valores após tratamento. O estudo mostra que o melhor ensaio foi o 6, com dosagens de PAC de 15 mg/L e 2,0 mg/L de Hipoclorito de Cálcio. As duas dosagens estão nos valores centrais estudados. Outra característica de estudo é o tempo de contato do pré-oxidante. Nesse estudo, o tempo foi de 10 minutos, abaixo da média dos tempos utilizados na literatura, como o de Mondardo (2004), que utilizou 30 minutos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Ministério da Saúde**, Brasília, DF.
2. BROOKE D. et al. Algas e seus impactos em sistemas de tratamento de águas para abastecimento: estudo de caso sistema Guarapiranga. **PHD5032-Microbiologia Aplicada a Operações e Processos de Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 4, p. 1-6. 2008.
3. COSTA A. G. **Estratégias de pré-tratamentos para a produção de metano a partir dos resíduos lignocelulósicos dos biocombustíveis**. 2013, 117p. Tese (Doutorado) Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2013.
4. EDZWALD, J. K., WINGLER, B. J. 1990. Chemical and physical aspects of dissolved air-flotation for the removal of algae. *Journal of Water Supply Research and Technology – AQUA*; 39(1): 24–35.
5. FETRUSEVSKI, B., van BREEMEN, A. N., ALAERTS, G. 1996. Effect of permanganate pre-treatment and coagulation with dual coagulants on algae removal in direct filtration. *Journal of Water Supply Research and Technology – AQUA*; 45: 316–326.
6. LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3. ed. Campinas: Átomo, 2010.
7. MONDARDO R.I. **Influência da pré-oxidação da tratabilidade das águas vias filtração direta descendente em mananciais com elevadas concentrações de microalgas e cianobactérias**. 2004. 147p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.
8. TORGAN L.C. Floração de algas: Composição, causas e consequências. **SUPLEMENTO**, n. 19, 15-34. 1989.
9. VENEU D.M, et al. Tratamento de água eutrofizada através dos processos de pré-oxidação, coagulação e floculação. **ENGEVISTA**, v. 17, n. 2, p. 175-186, Junho 2015.