

I-066 - AVALIAÇÃO SAZONAL DOS NUTRIENTES E EFICIÊNCIA DA REMOÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM ENSAIOS COM COAGULANTE SULFATO DE ALUMÍNIO E AUXILIARES PERMANGANATO DE POTÁSSIO, CLORO E O ADSORVENTE CAP

Alcides Junio Lemes Marques⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás

Nora Katia Saavedra Del Aguila⁽²⁾

Bióloga. Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutora em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP. Professora Efetiva da Universidade Federal de Goiás (UFG).

Wilma Gomes da Silva Carmo⁽³⁾

Técnica em Saneamento, IFG (1992); Bióloga, PUC Goiás (2006); Especialista em Planejamento e Gerenciamento em Recursos Hídricos, UFG (2009); Mestre em Engenharia do Meio Ambiente, UFG (2012). Empregada da SANEAGO, atuando na Estação de Tratamento de Água Jaime Câmara

Endereço⁽¹⁾: Rua Alipio Mendes, 637 – Cidade Jardim – Goiânia - GO - CEP: 74425-320 - Brasil - Tel: (62) 8222-9376 - e-mail: alcides_junio@hotmail.com

RESUMO

O estudo avaliou a quantidade de nitrogênio e fósforo na barragem do Ribeirão João Leite, com o intuito de verificar a ocorrência do processo de eutrofização no período entre dezembro de 2011 e abril de 2012. Também foram analisados a remoção de compostos orgânicos, através de ensaios com “Jar test”, com o coagulante sulfato de alumínio e os auxiliares permanganato de potássio e hipoclorito de sódio como oxidantes e carvão ativado em pó como adsorvente. Os testes visaram formular um estudo capaz de determinar o processo mais eficiente de remoção desses compostos e por consequência produzir uma água de melhor qualidade para o abastecimento no município de Goiânia e região Metropolitana. A análise da presença de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) se faz necessário, pois esses compostos em quantidades elevadas podem ser altamente prejudiciais à saúde devido a produção de toxinas por algas que se multiplicam nesse ambiente favorável, bem como o processo de eutrofização ocasionando a morte de peixes e a diminuição considerável do nível de oxigênio na água.

Os resultados indicaram que a água do Ribeirão João Leite, no período em questão, atende ao padrão de qualidade estabelecido na Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde apresentando valores máximos de fósforo: 0,051 mg.L⁻¹ P; Nitrogênio Amoniacal: 0,49 mg.L⁻¹ N; Nitrato: < 0,1 mg.L⁻¹ NO₃; e Nitrito: 0,031 mg.L⁻¹ NO₂.

O coagulante sulfato de alumínio obteve eficiência na remoção de cor aparente em torno de 80,7% e 71,3% para turbidez na dosagem de 12 mg.L⁻¹, na temperatura de 25° C e pH 7,63. Essa média aumenta com o auxílio do CAP ficando em torno de 98,6% para cor e 97,2% para turbidez e com o adsorvente não houve formação de trihalometano (THM) na dosagem de 15 mg.L⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Coagulação química, qualidade da água, nitrogênio, fósforo, jar test.

INTRODUÇÃO

Para que se tenha um abastecimento público de qualidade, é necessário analisar a presença e a consequente remoção de compostos que possam causar odor, gosto ou que contamine o ser humano.

A água a ser utilizada para o abastecimento público deve ter sua qualidade ajustada de forma a atender aos padrões de qualidade exigidos pelo Ministério da Saúde e aceitos internacionalmente; prevenir o aparecimento de doenças de veiculação hídrica, protegendo a comando, saúde da população; tornar a água adequada a serviços domésticos; proteger o sistema de abastecimento de água, principalmente tubulações e órgãos acessórios da rede de distribuição, dos efeitos danosos da corrosão e da deposição de partículas no interior das tubulações.

De acordo com levantamentos geoambientais, cerca de 70% da superfície do Planeta são constituídos por água, sendo que somente 3% são de água doce e, desse total, 98% estão na condição de água subterrânea. Isto

quer dizer, que a maior parte da água disponível e própria para consumo é mínima perto da quantidade total de água existente no Planeta.

Os objetivos da presente pesquisa foram a avaliação sazonal da série de nitrogênio e de fósforo no ribeirão João Leite. Com a finalidade de avaliar a remoção de compostos orgânicos, também foram realizados ensaios com os oxidantes permanganato de potássio, hipoclorito de sódio e do adsorvente carvão ativado em pó na remoção de compostos orgânicos na água do ribeirão João Leite através de ensaios com reatores estáticos (“Jar test”).

A água analisada é utilizada no abastecimento público da cidade de Goiânia e região metropolitana. Segundo a SANEAGO o horizonte de abastecimento se estende até o ano de 2040.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada na barragem do ribeirão João Leite, onde foram coletadas as amostras de água para as respectivas análises. A seguir são detalhadas as diferentes etapas que compreenderam o presente estudo:

Etapas 1: Caracterização preliminar da água do reservatório da barragem do ribeirão João Leite.

A caracterização da água do reservatório da barragem do ribeirão João Leite foi realizada na SANEAGO, nos Laboratórios de Análise de Água e de Controle Operacional da ETA Jaime Câmara, de acordo com metodologias específicas baseadas em APHA (2012). Na Tabela 1 estão relacionados os parâmetros, as metodologias, os equipamentos e o local em que foram realizadas as análises para caracterização da água.

Tabela 1. Caracterização dos componentes para determinação das análises físico-químicas

PARÂMETRO	METODOLOGIA	EQUIPAMENTO	LOCAL
Cor aparente (uH)	Colorimetria	AquaColor da Policontrol	SANEAGO - Laboratório Operacional da ETA Jaime Câmara
Cor verdadeira (uH)	Filtração em membrana de acetato de celulose de 0,45 µm e Colorimetria	AquaColor da Policontrol	
Turbidez (uT)	Nefelométrico	Turbidímetro 2100PHach	
pH	Potenciométrico	pHmetro DM 20 da Digimed	
Temperatura (°C)	Leitura direta no momento da coleta	Termômetro químico	Em campo no local da coleta
Fósforo(mg.L ⁻¹ P)	Espectrofotométrico	DR 5000 Hach	SANEAGO- Laboratório de Análise de Água
Nitrato(mg.L ⁻¹ N)	Espectrofotométrico	DR 5000 Hach	
Nitrito(mg.L ⁻¹ N)	Espectrofotométrico	DR 5000 Hach	
Nitrogênio Amoniacal (mg.L ⁻¹ N)	Espectrofotométrico	DR 5000 Hach	

A água bruta utilizada no experimento foi coletada na barragem do Ribeirão João Leite nos meses de dezembro de 2011 e abril de 2012, sendo a mesma acondicionada em bombona de polietileno com capacidade de 50 litros.

Etapas 2: Coagulação química

Os ensaios de jarteste foram realizados no Laboratório Operacional da ETA Jaime Câmara, utilizando equipamento de jarteste da marca Nova Ética com 6 jarros de 2 litros cada. O Coagulante utilizado foi o sulfato de alumínio comercial líquido (Comercial Al₂(SO₄)₃ x 14H₂O) 2% adquirido pela própria ETA. As

velocidades de rotação e os tempos, bem como o tipo de mistura em cada etapa do ensaio estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Velocidades de rotação e tempo do ensaio com o coagulante sulfato de alumínio

Tipo de Mistura	Rotação (RPM)	Tempo (s)
Rápida	450	20
Média	190	60
Lenta	32	1200
Decantação	-	300

Após a decantação, houve a coleta de amostras para análises de cor, turbidez e pH.

Etapas 3: Tratabilidade da água utilizando oxidantes e carvão ativado

Nessa etapa os ensaios de jarreste foram realizados no Laboratório Operacional da ETA Jaime Câmara, utilizando o mesmo equipamento da etapa 2.

Para realização dos ensaios de tratabilidade da água (bancada) foram testados os produtos químicos: sulfato de alumínio comercial líquido (Comercial $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 14\text{H}_2\text{O}$) 2%, os oxidantes permanganato de potássio e hipoclorito de sódio, e o adsorvente carvão ativado em pó. Todos os produtos químicos utilizados na pesquisa são comerciais, dos mesmos fornecedores que atualmente atendem a ETA Jaime Câmara.

As velocidades de rotação, os tempos de cada etapa do ensaio, o coagulante, os oxidantes e o adsorvente estão descritos a seguir.

Inicialmente os jarros foram numerados de 1 a 6. Nos jarros 5 e 6 foi adicionado o carvão ativado em pó (CAP). O CAP permaneceu sob rotação de 20 rpm durante 15 minutos. Quando atingido o tempo de 14 minutos na rotação de 20 rpm foram adicionados os oxidantes permanganato e hipoclorito aos jarros 1,2,3 e 4 e os mesmos permaneceram nessa mesma rotação durante 1 minuto.

Logo após essa primeira etapa foi adicionado o sulfato de alumínio às misturas (jarros 1 ao 6) e iniciou-se o processo de mistura rápida a 450 rpm durante 20 segundos. Em seguida, as mesmas misturas foram condicionadas à mistura média com rotação de 190 rpm durante 1 minuto e à rápida com rotação de 32 rpm durante 20 minutos. Terminadas as etapas, a mistura permaneceu por um período de 5 minutos em decantação e as coletas foram realizadas para análise de cor, turbidez e pH.

RESULTADOS

A água coletada em dezembro de 2011 foi utilizada para análise de nitrogênio, fósforo e coagulação com sulfato de alumínio. Já a coletada em abril de 2012 foi utilizada em ensaios para análise de nitrogênio, fósforo, coagulação com sulfato de alumínio, remoção de matéria orgânica, utilizando os oxidantes permanganato de potássio e hipoclorito de sódio e o adsorvente carvão ativado em pó (CAP).

Nitrogênio e Fósforo

Os dados de caracterização da água coletada nos meses de dezembro/2011 e abril/2012 na barragem do Ribeirão João Leite são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização da água da barragem do ribeirão João Leite

Parâmetros	Dez/11	Abr/12	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA
Turbidez (uT)	13,40	21,50	21,5	16,00	17,45
Cor Aparente (uH)	186,9	160,1	186,9	160,1	173,5
Cor verdadeira (uH)	9,1	5,0	9,1	5,0	7,05
pH	7,63	7,0	7,63	7,0	7,31
Fósforo (mg.L ⁻¹ P)	<0,001	0,051	0,051	<0,001	-
Nitrogênio Amoniacal (mg.L ⁻¹ N)	0,49	0,31	0,49	0,31	0,4
Nitrato (mg.L ⁻¹ NO ₃)	0,01	<0,1	<0,1	0,01	-
Nitrito (mg.L ⁻¹ NO ₂)	0,004	0,031	0,031	0,004	0,017
Temperatura da água (°C)	25,0	24,0	25,0	24,0	24,5
Temperatura ambiente (°C)	27,0	28,5	28,5	27,0	27,75

Coagulação Química

1) Os resultados a seguir (Tabela 4) apresentam a eficiência na remoção de cor e turbidez para as diferentes dosagens do coagulante sulfato de alumínio.

Tabela 4. Coagulação com sulfato de alumínio

COAGULANTE: SULFATO DE ALUMÍNIO LÍQUIDO					Eficiência de Remoção (%)	
Jarros	Dosagem de Sulfato de Alumínio mg.L ⁻¹	Turbidez (uT)	Cor Aparente (uH)	pH	Turbidez (uT)	Cor Aparente (uH)
1	10	2,90	35,90	7,47	78,36	80,79
2	12	1,43	24,40	7,42	89,33	86,94
3	14	3,35	22,20	7,45	75,00	88,12
4	16	3,37	30,10	7,56	74,85	83,90
5	18	6,21	62,00	7,44	53,66	66,83
6	20	5,78	41,00	7,30	56,87	78,06

2) Para se obter um melhor resultado no tratamento da água, em alguns casos, é necessário o uso de oxidantes e/ou adsorvente. Os oxidantes utilizados no presente estudo foram o permanganato de potássio e o hipoclorito de sódio, e como adsorvente, foi utilizado o carvão ativado em pó (Tabela 5). A Tabela 6 mostra a eficiência na remoção de cor aparente e turbidez de cada oxidante bem como do adsorvente. A determinação da formação de trihalometanos bem como sua quantidade se fez necessário já que são substâncias potencialmente perigosas ao ser humano e não atendem aos padrões de qualidade em concentrações acima de 100 µg.L⁻¹ conforme a portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

Tabela 5. Sulfato de alumínio + oxidantes e adsorvente

COAGULANTE : SULFATO DE ALUMÍNIO LÍQUIDO								
OXIDANTES: HIPOCLORITO DE SÓDIO E PERMANGANATO DE POTÁSSIO E ADSORVENTE: CARVÃO ATIVADO								
Jarros	Dosagem Sulfato de Alumínio mg.L ⁻¹	Dosagem Hipoclorito de sódio mg.L ⁻¹	Dosagem Permanganato de Potássio mg.L ⁻¹	Dosagem Carvão Ativado pó mg.L ⁻¹	Turbidez (uT)	Cor Aparente (uH)	pH	THM µg/L
1	12	3	0	0	0,81	1,6	7,1	1,416
2	12	5	0	0	0,63	1,7	7,2	1,796
3	12	0	0,5	0	0,56	4,3	7,3	0,339
4	12	0	0,8	0	0,85	9,9	7,3	ND
5	12	0	0	15	0,54	2,7	7,3	ND
6	12	0	0	20	0,66	1,7	7,3	0,222
ND – Não detectado								

Tabela 6. Eficiência de Remoção

COAGULANTE : SULFATO DE ALUMÍNIO LÍQUIDO		
OXIDANTES: HIPOCLORITO DE SÓDIO E PERMANGANATO DE POTÁSSIO E ADSORVENTE: CARVÃO ATIVADO		Eficiência de Remoção (%)
Jarros	Turbidez (uT)	Cor Aparente (uH)
1	96,23	99,00
2	97,07	98,94
3	97,40	97,31
4	96,05	93,82
5	97,49	98,31
6	96,93	98,94

CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu concluir que:

Os valores encontrados para a série nitrogenada e fósforo na água bruta coletada no Ribeirão João Leite, nos meses de dezembro/11 e abril/12, atendem ao padrão de qualidade estabelecido na Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde que é de 10 mg.L⁻¹ de Nitrato, 1 mg.L⁻¹ de Nitrito, 3,7 mg.L⁻¹ de Nitrogênio Amoniacal e 0,025 mg.L⁻¹ de Fosfato Total. A água é classificada como Classe 2 e é destinada ao abastecimento urbano após tratamento convencional.

A coagulação com o sulfato de alumínio removeu de forma mais eficiente a cor e a turbidez da água bruta na dosagem de 12 mg.L⁻¹, estando a mesma à 25° C e pH 7,63.

O adsorvente carvão ativado em pó obteve resultados mais satisfatórios em relação aos oxidantes. Apesar de os resultados de remoção com hipoclorito de sódio terem ficado muito próximos dos resultados obtidos usando o CAP, com o carvão ativado houve uma pequena formação de trihalometano na dosagem de 20 mg.L⁻¹. A essa dosagem o subproduto clorofórmio formou na concentração de 0,222 µg.L⁻¹. Na dosagem de 15 mg.L⁻¹ o resultado foi mais satisfatório, pois não foi detectado a formação do trihalometano. Enquanto que, usando o hipoclorito de sódio houve a formação de 1,416 µg.L⁻¹ de trihalometano para a dosagem de 0,3 mg.L⁻¹ do oxidante e de 1,796 µg.L⁻¹ para a dosagem de 0,5 mg.L⁻¹.

Houve formação de trihalometano (THM) em todos os ensaios, mas os valores encontrados ficaram abaixo de 100 µg.L⁻¹ estabelecido pela Portaria 2.914/12 do Ministério da Saúde.

Tendo em vista as dúvidas existentes entre a interferência do processo de coagulação na eficiência do processo de adsorção, foram conduzidos ensaios de jarros simulando-se diversos cenários de aplicação de dosagem de coagulante e CAP. Concluiu-se que, para as mesmas dosagens de CAP e coagulante aplicadas, independentemente do seu ponto de aplicação, não foram observadas diferenças significativas na remoção de compostos causadores de gosto e odor, o que indica que, sob as condições testadas, o ponto de aplicação de CAP, antes ou depois da aplicação do coagulante, possui muito pouca importância na eficiência do processo de adsorção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AWWA, APHA, WPCI. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22th Ed. Washington S.C. 2012.
2. BRASIL Normas e Padrões de Potabilidade das Águas destinadas ao consumo humano. Normas Regulamentadoras Aprovadas pela Portaria nº 518GM – Diário Oficial (da República Federativa do Brasil) Brasília, 2004.
3. FERREIRA FILHO, S. S; MENDES, R.L.; CIPRIANI, M.J.I.; FERNANDES, A.N. **Avaliação da aplicabilidade do permanganato de potássio como agente pré-oxidante na estação de tratamento de água do Alto da Boa Vista**. In: 23º
4. SANEAGO. **Relatório de Monitoramento Intensivo na Área do Reservatório João Leite**. Goiânia, 2009.
5. TUNDISI, J.G., TUNDISI, T.M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 96-100 p.5.
6. FERREIRA FILHO, S. S.; MARCHETTO, M. **Otimização multi-objetivo de estações de tratamento de águas de abastecimento: remoção de turbidez, carbono orgânico total e gosto e odor**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental Vol. 11, Nº 1. ABES: Rio de Janeiro, 2006, pág. 7-15.
7. FERREIRA FILHO, S. S. **Remoção de compostos orgânicos precursores de subprodutos da desinfecção e seu impacto na formação de trihalometanos em águas de abastecimento**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental Vol. 6, Nº 2. ABES: Rio de Janeiro, 2001, pág. 53-60.
8. CAMPOS, S. X.; DI BERNARDO, L.; VIEIRA, E.M. **Influência das características das substâncias húmicas na eficiência da coagulação com sulfato de alumínio**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental Vol. 10, Nº 3. ABES: Rio de Janeiro, 2005, pág. 194-199.
9. PASCHOALATO, C.F.P.R.; WIECHETECK, G.K.; LATANZE, M.; TRIMAILOVAS, M.; DI BERNARDO, L. **Pré-oxidação com cloro ou permanganato de potássio, coagulação e filtração de água contendo substâncias húmicas e comparação dos subprodutos formados com pós cloração**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande/MS, 2005. Anais eletrônicos I-126.