

ESTUDO DO TRATAMENTO MICROBIOLÓGICO DE ÁGUA EM TORRES DE RESFRIAMENTO COM USO DE CLOROAMINA ATIVADA POR BROMETO

JOSÉ ANTÔNIO DE CARVALHO CUNHA¹, LEONARDO AUGUSTO VARJÃO SILVA², TIEGO OLIVEIRA DE ALMEIDA³

¹Especialista em Petroquímica - Eng. Química, jac.cunha@gmail.com;

²Estudante de Eng. Química, UNIFACS, Salvador-BA, leosilva95@hotmail.com;

³Estudante de Eng. Química. UNIFACS, Salvador-BA, tiegoalmeida@hotmail.com;

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Com a abordagem cada vez maior no cenário mundial do consumo exacerbado de água nas indústrias e abastecimento da população, aumenta a necessidade de melhorias e otimizações dos processos produtivos, garantindo níveis de eficiência, além da operacionalidade industrial. Por conseguinte, o presente artigo tem como objetivo apresentar resultados provenientes do estudo de tratamento microbiológico de água em torres de resfriamento com uso de cloroamina ativada por brometo, viabilizando a utilização de água de reuso para abastecimento nestes sistemas. Para tal, foram utilizadas ferramentas de monitoramento dos sistemas e para correta aplicação do produto, visto a necessidade de produção deste agente na planta pela reação de dois produtos simples. Mostrará também suas vantagens e desvantagens em relação ao tratamento convencional a base de hipoclorito de sódio.

PALAVRAS-CHAVE: Biofilme. Cloroamina ativada por brometo-BAC. Água de refrigeração. Taxa de corrosão.

STUDY OF THE MICROBIOLOGICAL TREATMENT OF WATER IN COOLING TOWERS WITH THE USE OF BROMIDE-ACTIVATED CHLOROAMINE

ABSTRACT: With the increasing approach in the world scenario of exacerbated water consumption in industries and supplying the population, the need for improvements and optimizations in production processes increases, guaranteeing efficiency levels, in addition to industrial operation. Therefore, this article aims to present results from the study of microbiological treatment of water in cooling towers with the use of chlorine activated by bromide, enabling the use of reuse water for supply in these systems. To this end, tools were used to monitor the systems and to correctly apply the product, given the need to produce this agent in the plant by the reaction of two simple products. It will also show its advantages and disadvantages in relation to conventional sodium hypochlorite treatment.

KEYWORDS: Biofilm. Bromide-BAC-activated chloramine. Cooling water. Corrosion rate.

INTRODUÇÃO

O resfriamento de processos é essencial para a operação da maioria dos locais de fabricação e processamento industriais, contemplando usinas termoeletricas, refinarias, siderurgicas e fábricas de produtos químicos ou petroquímicas. Sem a refrigeração adequada, muitos desses sites são forçados a reduzir a produção ou enfrentar possibilidade de desligamentos devido a falhas prematuras dos equipamentos de troca térmica. Uma das principais causas de perda de performance no resfriamento é a proliferação de microorganismos em pontos do sistema de resfriamento recirculante que favoreça o desenvolvimento. Os Microrganismos inibem que o calor seja transferido diretamente da superfície metálica quente para a água fria, formando biofilmes altamente isolantes nas superfícies dos trocadores de calor. Estes biofilmes também são comumente encontrados nos recheios de uma torre de

resfriamento, onde podem inibir fluxo de água nos distribuidores, aumentando o estresse físico na estrutura de suporte da torre e diminuindo a capacidade de resfriamento do equipamento conforme medida de temperatura de bulbo úmido aumenta (BARON, 2015).

O biocida cloramina ativada por brometo, BAC, é combinado com hipoclorito de sódio e água para formar um biocida. Este biocida é um oxidante moderado que é muito efetivo no controle de uma ampla faixa de microrganismos produtores de biofilme em correntes de processos de água de resfriamento (BEBER, 2012).

Este oxidante moderado não apresenta efeitos colaterais que são recorrente com a maioria dos oxidantes disponíveis comercialmente para tratamentos convencionais. Por exemplo, BAC controla o crescimento microbiológico com um nível de ORP mais reduzido, reduzindo assim a corrosão generalizada (BARON, 2015).

A tecnologia BAC já é utilizada por muitos anos em máquinas de papel. Em 2003, a agência ambiental norte americana (EPA – Environment Protection Agency) aprovou este produto como substituto para cloro (BEBER, 2012).

MATERIAL E MÉTODOS

Os resultados e discussões apresentados a seguir foram extraídos a partir de teste realizado em planta industrial durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2017. Foi estabelecido que o sistema de resfriamento fosse alimentado durante o teste com “blend” de água clarificada, 220m³/h, e água de reuso, 450m³/h, total de 670m³/h.

Os resultados analíticos apresentados foram obtidos através de testes realizados em laboratório espectrofotômetro fabricante HACH, modelo DR3900 (HACH, 2019). O monitoramento de taxa de corrosão foram realizadas conforme norma internacional ASTM D2688-05 (ASTM, 2005). Os principais quesitos avaliados foram a taxa de corrosão, formação de biofilme, contagem de bactérias e, além disso, estudo comparativo dos custos do tratamento convencional e tratamento utilizando cloramina ativada por brometo (BAC).

O teste foi realizado com intuito de reaproveitar o efluente da melhor maneira possível e manter a performance do tratamento em condições aceitáveis de forma os KPIs (“key performance indicator”) monitorados estejam dentro do “target” de controle.

Um dos principais itens monitorados é a taxa de corrosão uniforme e pontual (pitting). Para o acompanhamento foram instalados cupons de prova em “racks” de corrosão e nas linhas de RW (“return water”) de trocadores de calor críticos da área de processo com exposição de 720 horas.

O monitoramento e determinação da quantidade de bactérias heterotróficas deve ser realizado como um dos parâmetros para avaliar a performance do controle microbiológico a ser mantido em condições aceitáveis (AQUACULT, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para que possamos mensurar a evolução e performance do tratamento microbiológico com BAC, faremos a exposição dos resultados comparando com dados com tratamento microbiológico com biocidas oxidantes tradicionais.

A tabela 1 mostra os resultados do monitoramento realizado para corrosão em cupons de prova de metalurgia aço carbono C1018 via “rack” e em linhas de RW de trocador de calor com tratamento convencional oxidantes fortes.

Tabela 1 – Resultados taxa de corrosão tratamento convencional

Ponto de monitoramento	Unidade	Taxa corrosão uniforme	Taxa corrosão pontual
Rack de corrosão	mpy	0,41	15,24
Trocador de calor	mpy	0,58	19,82

Fonte: Autoria própria, 2019

A tabela 2 aponta os resultados do monitoramento realizado para corrosão em cupons de prova de metalurgia aço carbono C1018 via “rack” e em linhas de RW de trocador de calor com tratamento BAC oxidante moderado.

Tabela 2 – Resultados taxa de corrosão tratamento BAC

Ponto de monitoramento	Unidade	Taxa corrosão uniforme	Taxa corrosão pontual
------------------------	---------	------------------------	-----------------------

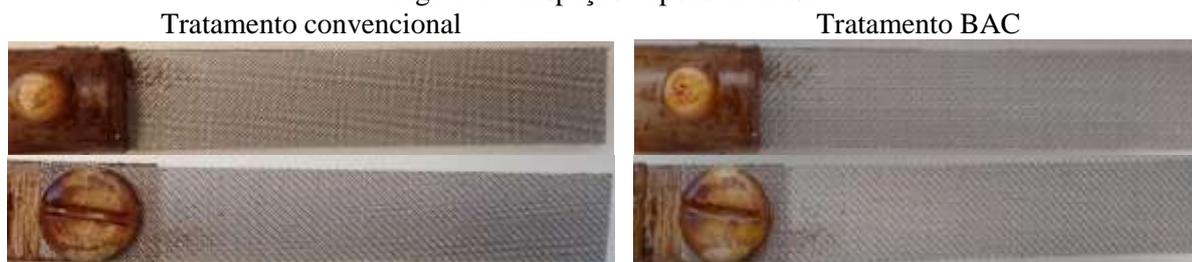
Rack de corrosão	mpy	0,15	4,04
Trocador de calor	mpy	0,23	4,98

Fonte: Autoria própria, 2019

Os resultados com o BAC apontam uma excelente performance para a taxa de corrosão para aço carbono C1018, especialmente, visto o “target” de controle é 3,0mpy. A redução dos teores de cloreto devido a redução nas aplicações de biocidas clorados e sulfado em função da redução da dosagem de ácido sulfúrico para correção de pH, especialmente, proporcionaram tais valores devido a agressividade desses sais para metalurgia monitorada (BEBER, 2012).

Durante o período de teste, foi monitorado a formação de biofilme via cupom de mesh instalados em “rack” de corrosão. Período de exposição 720 horas. A figura 1 mostra a performance da formação de biofilme com tratamento convencional e com BAC.

Figura 1 – Inspeção cupons de mesh



Fonte: Autoria própria, 2019

Visualmente não é possível identificar formação para os dois cenários, concluímos então que não houve formação de biofilme com o tratamento com o BAC.

Ainda com intuito de identificar formação de biofilme, inspeções no top deck da torre de resfriamento foram realizadas com frequência diária. Este local foi escolhido devido facilidade de observação e acessibilidade. A condição favorável para desenvolvimento de microorganismos foi considerada devido a presença de luminosidade, calor e umidade (FRANCO, 2013). Para os dois cenários, com o tratamento convencional e BAC, não houve proliferação de microorganismos ou formação de algas.

Figura 2 – Injeção top deck torre de resfriamento

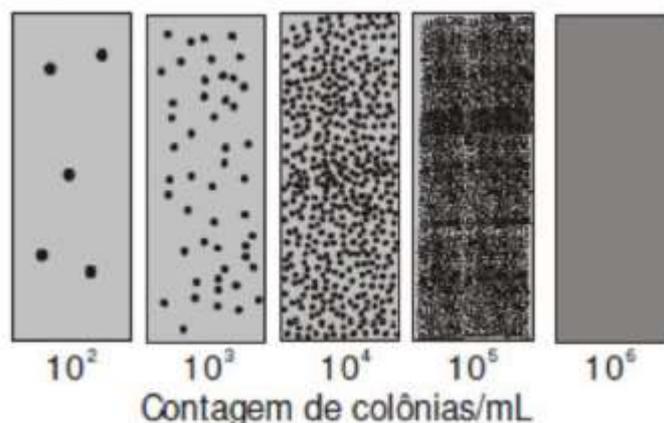


Fonte: Autoria própria, 2019

O monitoramento e determinação da quantidade de bactérias heterotróficas deve ser realizado como um dos parâmetros para avaliar a performance do controle microbiológico a ser mantido em condições aceitáveis (AQUACULT, 2019). É estipulado o limite de 10^4 UFC/mL para águas industriais de resfriamento. A figura 3 mostra o gabarito de leitura por aproximação visual para fornecer resultado em UFC/mL observando o crescimento de colônias de cor vermelha (AQUACULT, 2019).

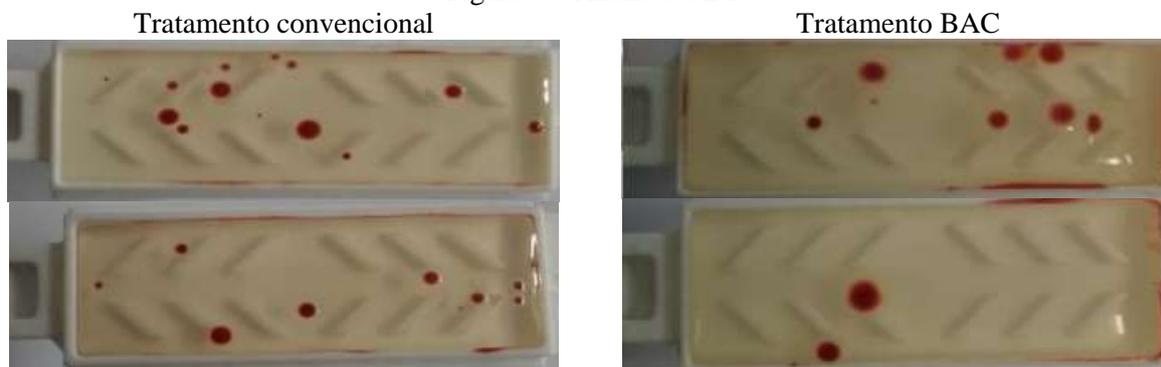
A figura 4 registra os resultados de leituras realizados para este parâmetro analítico para os cenários de tratamento convencional e com o BAC. Os registros fotográficos representam resultados avaliados para os períodos considerados para os testes de monitoramento, sendo que após exposição do meio de cultura ao AGR, o tempo de incubação é de 48 horas em seguida é feita a leitura. Em ambos os cenários, os resultados ficam na casa de 10^2 UFC/mL, atendendo à especificação.

Figura 3 – Gabarito de leitura por aproximação visual



Fonte: AQUACULT, 2019

Figura 4 – Análises CBT



Fonte: Autoria própria, 2019

Após avaliação dos parâmetros analíticos expostos na tabela 3, observa-se maior concentração dos parâmetros com o tratamento com o BAC, visto que neste cenário temos o incremento da água de reposição com o reuso, contudo, nota-se que os parâmetros cloretos e sulfatos ficam abaixo, isso deve-se em função da redução da aplicação do hipoclorito de sódio, reduzindo diretamente o residual de cloreto no sistema. Ainda em função da redução da dosagem do hipoclorito de sódio temos a redução das dosagens do ácido sulfúrico para correções de pH, deve-se especificamente pois o hipoclorito formará hidróxido de sódio em contato com a água, segue a equação 2, tornando o meio alcalino, necessitando assim aplicação de ácido para ajuste da alcalinidade do meio.



Apartir destas observações notamos que a utilização do BAC é efetivo para a redução destes parâmetros que são vilões para corrosão em ligas metálicas.

CONCLUSÃO

Diante do estudo realizado a partir do teste em planta industrial de um grande sistema de resfriamento de uma petroquímica de insumos básico, verificou-se a excelente performance do uso do BAC como biocida para sistema de resfriamento. A utilização do biocida cloramina ativada por brometo, BAC, dispõe uma série de benefícios especialmente nos parâmetros físicos químicos da água de resfriamento, além do eficaz controle microbiológico. Os parâmetros cloreto e sulfato são reduzidos drasticamente na água de resfriamento, pois a dosagem de hipoclorito de sódio e ácido sulfúrico para correção de pH são minimizadas, estes parâmetros são os principais causadores para corrosão localizada e incrustações nos sistemas de resfriamento, além de gerar grandes consumos de dispersantes.

O monitoramento da taxa de corrosão além de determinar o tempo de campanha dos equipamentos é um dos parâmetros que evidencia a eficiência do tratamento químico aplicado. De acordo com os resultados dos monitoramentos realizados via “rack” e nas linhas de RW de trocadores de calor podemos verificar a drástica redução dos resultados com o tratamento convencional e com o BAC, especialmente a corrosão por pitting, que apresentou 4,04 e 4,98 mpy, respectivamente. Enquanto que com o tratamento convencional apresenta taxas de 15,24 e 19,82 mpy. Aproximadamente quatro vezes maior que com o tratamento com BAC. Através da possibilidade de aproveitamento de água de reuso de baixa qualidade para alimentação de sistemas de resfriamento, o BAC é uma excelente alternativa que atende de forma técnica e econômica. A partir do levantamento de custos com os insumos para operacionalizar um sistema de resfriamento, após implantação do BAC a redução chega a 10% ao mês.

Tabela 3 – Parâmetros analíticos AGR com tratamento convencional x BAC

Parâmetro	AGR (BAC)	Desvio padrão (AGR - BAC)	AGR (Convencional)	Desvio padrão (AGR - Convencional)	Unidade
PH	7,58	0,89	7,63	0,99	-
Condutividade	1957	3,42	1562	2,56	µS/cm
Cloretos	423	1,82	632	1,85	ppm
Dureza Total	440	1,22	380	1,51	ppm
Alcalinidade	182	1,59	204	1,32	ppm
DQO*	70	1,21	72	1,18	ppm
SST*	32	0,98	31	1,00	ppm
Turbidez	35	0,96	32	0,93	ppm
DBO*	17	1,08	16	1,02	ppm
Alumínio	0,7	0,23	0,5	0,25	ppm
Ferro	1,2	0,33	0,8	0,29	ppm
Sulfato	380	3,12	442	3,72	ppm
Sílica	38	2,71	32	3,01	ppm
Fosfato	15,1	0,18	15,4	0,25	ppm
Zinco	2,63	0,11	2,58	0,11	ppm

REFERÊNCIAS

- ASTM INTERNATIONAL. “Standard Test Method for Corrosivity of Water in the Absence of Heat Transfer (Weight Loss Method)”. Disponível em: <<https://www.astm.org/Standards/D2688.htm>>. Acessado em: 18 nov. 19.
- BARON, C; HAMMOND, S. Improve system performance and reduce system corrosivity using a novel biocide for cooling towers. Cooling technology institute annual conference. Louisiana, 2015.
- BEBER, A. J. Controle microbiológico avançado para torres de resfriamento. Proceedings of the ABTCP 2012. São Paulo, 2012.
- DANTAS, E. Tratamento de água de refrigeração e caldeiras. Ed. José Olympio, Rio de Janeiro, 1988 v. 1, 87p.
- FRANCO, G.M. Estudo da microbiota associada a torres de resfriamento de uma refinaria de petróleo. Dissertação – Departamento de Microbiologia. Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.
- NACE INTERNATIONAL. “Standard Recommended Practice Field Corrosion Evaluation Using Metallic Test Specimens”. Disponível em: <<https://store.nace.org/rp0497-field-corrosion-using-metallic-test-specimenshd1997>>. Acessado em: 18 nov. 19.
- MUSTAFA, G. D. S. Equipamentos de troca térmica: Fornos, Caldeiras e Torres de Resfriamento. Salvador, 2018 v. 2, 46p.