

Copyright 2016, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2016, em Búzios/RJ no mês de maio de 2016.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Impacto da presença de monocloramina na corrosividade de água de reúso de Refinaria de Petróleo sobre latão almirantado

Eric Grippa Marques^a, Maliu Rosa A. da Silva^b, Vânia M. J. Santiago^c, Andréa A. Veiga^d, Sérgio Pagnin^e, Ladimir J. de Carvalho^f, Leila Y. Reznik^f.

Abstract

Due to economy and especially environmental preservation, water is being re-used in various industrial processes, more specifically in oil refineries cooling systems. However, due to the high seasonality of physicochemical and the microbiological characteristics of reuse water, it is essential to perform an accurate monitoring of the corrosion rates of the many different metallurgy involved in these systems to make sure they attend the standards defined by project. Among the conventional biocides applied in industrial cooling systems, free chlorine is known to be a strong oxidizing substance presenting a negative impact on carbon steel corrosion rates as well as on yellow alloys. It is common that reuse water may present fairly significant concentrations of ammonia and, through the chlorination of the system, this substance can be converted to the form of chloramines, molecules with proven biocide behaviour. Thus, the aim of this study was to evaluate and compare the impact of the presence of monochloramine to free residual chlorine in the corrosivity of water reuse on admiralty brass in the presence and absence of commercial corrosion inhibitor indicated for yellow alloys, by gravimetric and electrochemical tests. For this, one applied make up reuse water of oil refinery cooling system unit, which had at first the concentrations of chloride, sulfate, ammonia as well as pH and alkalinity measured and adjusted to the average values registered in the cooling tower. The results showed, contrary to what was observed for free chlorine, that the corrosion rates for admiralty brass in reuse water with monochloramine biocide, both in the presence and absence of commercial corrosion inhibitor, remained within the required standards for the cooling system of this Refinery Unit (maximum 0.2 mpy).

Keywords: corrosion, admiralty brass, corrosion inhibitor, free chlorine, monochloramine.

Resumo

Devido à necessidade de economia e principalmente de preservação ambiental, água vem sendo reutilizada nos mais variados processos industriais. Mais especificamente observa-se esse reúso em Sistemas de Resfriamento de Refinarias de Petróleo. Entretanto, devido à grande sazonalidade das características físico-químicas e microbiológicas das águas de reúso,

^a Graduando em Engenharia Química, EQ/ UFRJ

^b Técnica em Química, Fundação COPPETEC/UFRJ

^c Engenheira Química, PETROBRAS/CENPES/PDEDS/TTRA

^d Engenheira Química, D.Sc., PETROBRAS/CENPES/PDEDS/TTRA

^e Engenheiro Químico, M.Sc., PETROBRAS/CENPES/PDEDS/TTRA

^f Professor (a), Eng.(a) Químico(a) D.Sc., DPI/EQ/ Laboratório de Corrosão e Sistemas de Proteção/ UFRJ.

torna-se imprescindível o monitoramento mais rígido das taxas de corrosão das diferentes metalurgias envolvidas nesses sistemas para conseguir enquadrá-las nos padrões definidos em projeto. Dentre os biocidas convencionais aplicados em Sistemas de Resfriamento industrial encontra-se o cloro livre que por ser substância oxidante, causa impacto negativo nas taxas de corrosão de aço-carbono e de ligas amarelas. Por muitas vezes as águas de reúso apresentam concentrações de amônia razoavelmente significativas e que através da cloração do sistema esta amônia pode ser convertida à forma de cloraminas, substâncias com ação biocida já comprovada. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar o impacto da presença de monocloramina ao cloro residual livre na corrosividade de água de reúso sobre latão almirantado na presença e ausência de inibidor de corrosão comercial indicado para ligas amarelas através de ensaios gravimétricos e eletroquímicos. Para tal utilizou-se água de reúso da entrada de Sistema de Resfriamento de uma unidade de Refinaria de Petróleo, que teve medidos e ajustados seus teores de íons cloreto, sulfato, amônia, além de seu pH e alcalinidade para adequá-los aos valores médios registrados na torre de resfriamento. Os resultados mostram, ao contrário do que foi observado para cloro livre, que as taxas de corrosão para latão almirantado em água de reúso com o biocida monocloramina, tanto na presença quanto na ausência de inibidor de corrosão comercial, mantiveram-se dentro dos padrões estipulados para o Sistema de Resfriamento desta Unidade da Refinaria (máximo de 0,2 mpy).

Palavras-chave: corrosão, latão almirantado, inibidor de corrosão, cloro livre, monocloramina.

Introdução

A reutilização de águas para diversos processos na indústria, como em torres de resfriamento é uma prática comum devido à necessidade de se preservar os corpos hídricos. Porém, para que isso seja viável, antes de ser reutilizada em sistemas industriais ou mesmo descartada essa água necessita de certos tratamentos, principalmente devido à grande variação físico-química - pH, amônia, sulfatos, cloretos e alcalinidade - além da presença microbiológica.

O controle microbiológico de águas, principalmente em sistemas de resfriamento industrial, é realizado com a aplicação de cloro, biocida mais comumente utilizado sob a forma de hipoclorito de sódio (FRAYNE, 1999). Uma das possíveis consequências da utilização desse agente desinfetante é o aumento dos processos corrosivos das ligas metálicas que constituem os equipamentos da indústria.

Uma das ligas amarelas de larga utilização em sistemas de resfriamento é o latão almirantado, composto em sua maioria por cobre e zinco (70% Cu, 28% Zn) além de alguns outros componentes em menor concentração (1% Sn). Para minimizar as taxas de corrosão dessa liga é importante o controle dos residuais do biocida e de outros componentes tais como cloretos e amônia.

Em particular, a amônia possui fortes efeitos corrosivos sobre as ligas amarelas, além de gerar instabilidade na concentração de cloro livre na água, já que reage com o mesmo, gerando cloraminas. No caso específico do latão almirantado favorece a ocorrência do mecanismo de dezincificação da liga (PUCKORIUS & TIANGCO, 2002). Para tornar essa concentração de amônia menos flutuante, pode-se realizar uma técnica de cloração ao breakpoint, ponto em

que o hipoclorito reage por completo com toda a amônia livre do meio, gerando as cloraminas e permitindo que seja feito um controle do cloro livre dentro de uma faixa previamente estipulada para o sistema de resfriamento em questão. Tomando como base essa informação e sabendo-se da ação biocida das monocloraminas (AWWA, 2009), a cloração até o breakpoint seria prática interessante que viabilizaria aplicação de dosagens menores de hipoclorito de sódio levando a uma economia substancial no tratamento químico aplicado nos sistemas de resfriamento.

Metodologia

- Caracterização química e físico-química da água de reuso

A água de reuso empregada na realização dos ensaios foi coletada da alimentação de sistema de eletrodialise reversa (EDR) anterior à entrada da torre de resfriamento de unidade de Refinaria de Petróleo. Foram então quantificadas as concentrações de cloreto, sulfato, a alcalinidade e determinado o valor de pH (APHA, 2005). Após a caracterização dos parâmetros de interesse e imediatamente antes à montagem dos experimentos, foi realizado o ajuste dos mesmos de forma a reproduzir valores médios observados ao longo de 2 anos neste sistema de resfriamento da Refinaria. A Tabela 1 mostra os valores dos parâmetros antes e após o respectivo ajuste:

Tabela 1 – Valores iniciais e finais ajustados dos parâmetros das amostras de água de reuso, utilizadas nos experimentos de laboratório.

Parâmetro	Valor inicial	Valor final após ajuste
Amônia (mg/L)	0	-
Cloretos (mg/L)	557,82	-
Sulfatos (mg/L)	75	150
Alcalinidade total (mg/L de CaCO ₃)	74	150
pH	7,15	7,5

- Ensaios eletroquímicos e gravimétricos

A montagem dos experimentos visando a avaliação do comportamento do latão almirantado frente a mecanismos de corrosão nas amostras de água de reuso foi realizada em cubas ou células eletroquímicas de três eletrodos. As montagens experimentais reproduziram as seguintes condições de água de reuso: a) sem biocida ("branco"), sem inibidor de corrosão; b) sem biocida ("branco"), com inibidor de corrosão; c) com monocloramina sem inibidor de corrosão; d) com monocloramina com inibidor de corrosão; e) com cloro livre residual sem inibidor de corrosão e f) com cloro livre residual com inibidor de corrosão.

O inibidor utilizado é o comercial para ligas amarelas (Azol aromático), na concentração especificada em projeto para a torre de resfriamento (2 mg/L). Nos experimentos com monocloramina, esta foi mantida em torno da concentração de 1 mg/L durante todo o período de ensaios através de introdução de volumes adequados de solução concentrada (\approx 4000 mg/L) de cloraminas geradas "in situ" em unidade industrial, cuja concentração - devido à instabilidade dessa solução - foi acompanhada ao longo do tempo. O valor de 1 mg/L foi

indicado pelo fornecedor da solução como sendo o mínimo necessário para uma boa desinfecção e que não causaria problemas de corrosão ao latão almirantado. Nos experimentos com cloro livre residual, este foi mantido em torno entre 0,3 mg/L e 0,6 mg/L durante todo o período de ensaios, dosados a partir de solução comercial de hipoclorito de sódio. As condições das cubas em que foram realizados os ensaios eletroquímicos e de perda de massa podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Parametrização das cubas para realização dos ensaios

Experimento (cuba)	Cloro Livre (mg/L)	Monocloramina (mg/L)	Inibidor commercial de corrosão
1	0	0	0
2	0	0	2,0
3	0	1,0	0
4	0	1,0	2,0
5	0,3 a 0,6	0	0
6	0,3 a 0,6	0	2,0

Foram levantadas curvas de polarização potenciodinâmica para 1h, 24h, 48h e 72h de imersão dos corpos de prova além do acompanhamento do potencial do metal à circuito aberto e dos potenciais de oxi-redução das soluções ao longo de 72 horas de ensaio. Esses ensaios são detalhados a seguir:

- Ensaios eletroquímicos: acompanhamento de potencial e polarização potenciodinâmica

Para a realização desses ensaios, foram preparados corpos de prova de latão almirantado embutidos em resina epóxi e com contato elétrico de cobre. Estes corpos de prova tiveram suas superfícies lixadas com lixas d'água de granulometria 220 e 600 para remoção de quaisquer impurezas e produtos de corrosão presentes além do isolamento das bordas de embutimento com esmalte. A área de superfície exposta foi dimensionada com auxílio do paquímetro digital.

Foram acompanhados os potenciais de oxi-redução do meio e do material metálico em todas as condições - com a utilização de multímetro digital portátil- em relação a um eletrodo de referência de calomelano saturado. No primeiro caso, o levantamento dos valores foi realizado com auxílio de um eletrodo de platina espiralado e, no segundo caso, com um corpo de prova de latão almirantado embutido.

A técnica de polarização potenciodinâmica é uma técnica cinética capaz de fornecer informações importantes sobre reações anódicas e catódicas ocorrentes na superfície de um eletrodo metálico. Dessa maneira, dependendo do material e da composição do meio em que este se encontra, pode ser caracterizada a formação, estabilização e/ou destruição de um filme em sua superfície como também à ocorrência de corrosão localizada, por exemplo (GENTIL, 2011). Foi realizada com auxílio de um Potenciostato/Galvanostato AUTOLAB PGSTAT302N, um eletrodo de referência de calomelano saturado e um contra eletrodo de platina espiralado.

- Ensaio gravimétrico

Para realização dos ensaios gravimétricos, corpos de prova de latão almirantado tiveram inicialmente suas superfícies devidamente ativadas em lixa d'água de granulometria 600 com subsequente levantamento de suas medidas e aquisição de suas massas iniciais. Suas áreas médias ficaram em torno de 22 cm². Após esse procedimento foram imersos nas seis condições citadas anteriormente (a, b, c, d, e, f). Após serem introduzidos nos meios, foram mantidos sob agitação durante todo o tempo de ensaio com auxílio de uma placa magnética. Ao fim das 72 h os corpos de prova foram retirados e tiveram suas superfícies decapadas em solução de H₂SO₄ 0,1 mol/L até peso constante. Para cada condição testada, foram utilizados três corpos de prova, logo, os valores finais de perda de massa correspondem à média aritmética dos valores obtidos após decapagem individual. Após o levantamento dos valores de perda de massa, foram calculadas as taxas de corrosão dos corpos de prova e seus respectivos erros. As taxas de corrosão foram calculadas a partir da Equação 1 a seguir:

$$T_c (mpy) = \frac{1,44}{0,0254} \times \frac{\Delta m (g) \times 87600}{d_{material} \left(\frac{g}{cm^3}\right) \times A_{média} (cm^2) \times t_{imersão} (h)} \quad \text{Equação 1 (GENTIL, 2011)}$$

Sendo: $T_c (mpy)$ = Taxa de corrosão média em milésimos de polegada por ano

$\Delta m (g)$ = perda de massa do cupom em gramas

$d_{material} \left(\frac{g}{cm^3}\right)$ = densidade do latão almirantado em g/cm³

$A_{média} (cm^2)$ = área superficial do cupom em cm²

$t_{imersão} (h)$ = tempo total de imersão do cupom em horas

Resultados e discussão

- Polarização Potenciodinâmica

As Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6 a seguir trazem os resultados de Polarização Potenciodinâmica nas seis condições ensaiadas, citadas anteriormente:

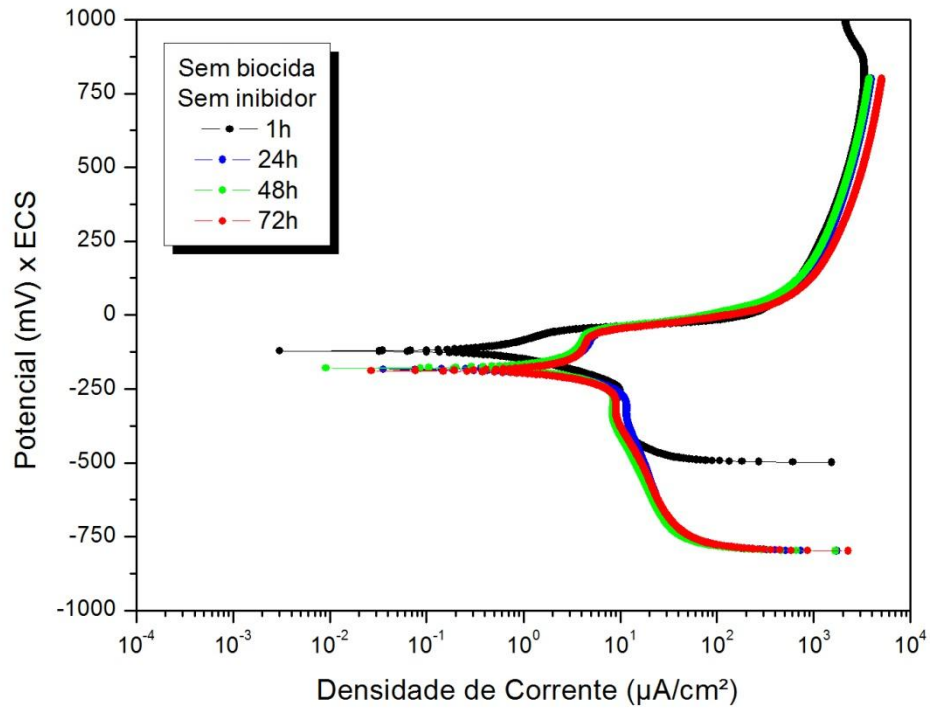
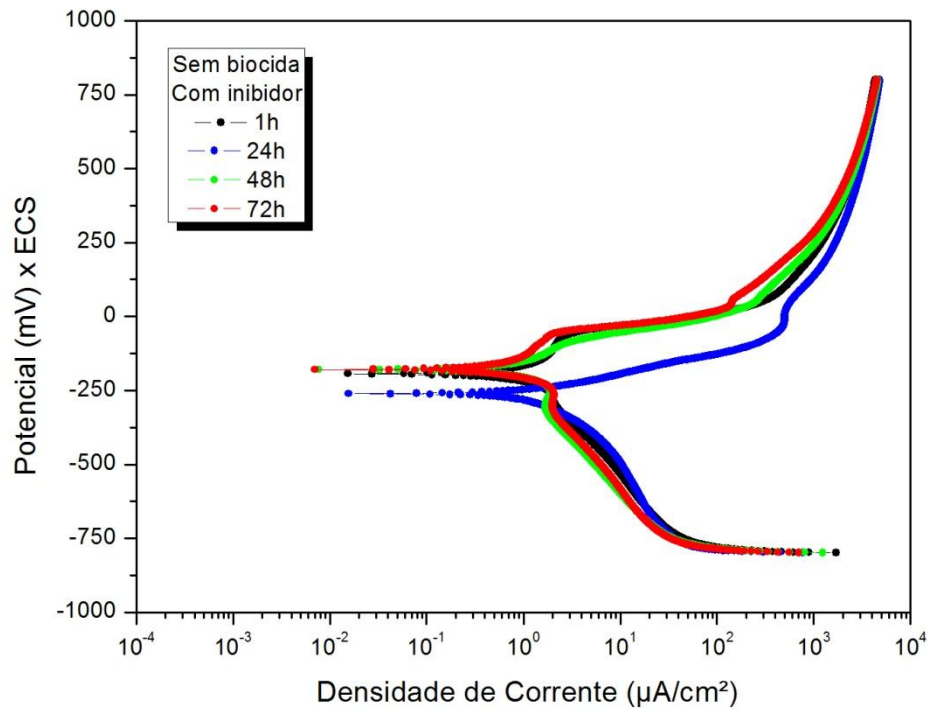


Figura 1 - Curva de Polarização de latão almirantado em água de reúso na ausência de biocida ("branco") e inibidor de corrosão.



Figur

a 2 - Curva de Polarização de latão almirantado em água de reúso, na ausência de biocida ("branco") e presença de inibidor de corrosão.

As curvas de polarização apresentadas na Figura 1 mostram que, na ausência de inibidor e biocida os Potenciais de Corrosão tendem a um leve decaimento a partir da primeira hora de imersão acompanhado de caracterização de faixa passiva curta associada a um aumento nas densidades de corrente que estabilizam em torno de $3 \mu\text{A}/\text{cm}^2$. Esse comportamento está associado à corrosividade natural do meio, onde ocorre a formação de camada óxida não protetora na superfície metálica. Já na presença de inibidor de corrosão (Figura 2), à princípio observa-se um decaimento do Potencial de Corrosão em 24 horas de imersão seguido de elevação e estabilização nos tempos subsequentes. Isso pode inferir que uma possível formação de filme associada à presença de inibidor nessa amostra de água de reúso é melhor visualizada em maiores tempos de imersão, devido à uma cinética mais lenta de adsorção. Observa-se também que as densidades de corrente de corrosão são identicamente menores chegando a aproximadamente $0,8 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ em 72 h de imersão dos corpos de prova, indicando uma melhor proteção da superfície nessa condição.

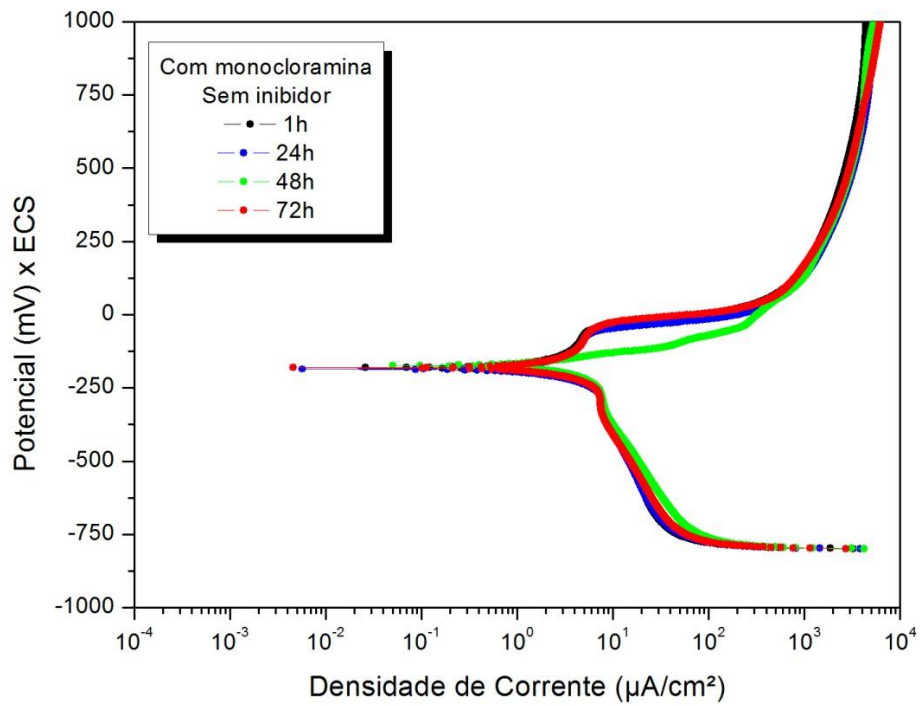


Figura 3 - Curva de Polarização de latão almirantado em água de reúso, na presença de monoclорamina e ausência de inibidor de corrosão.

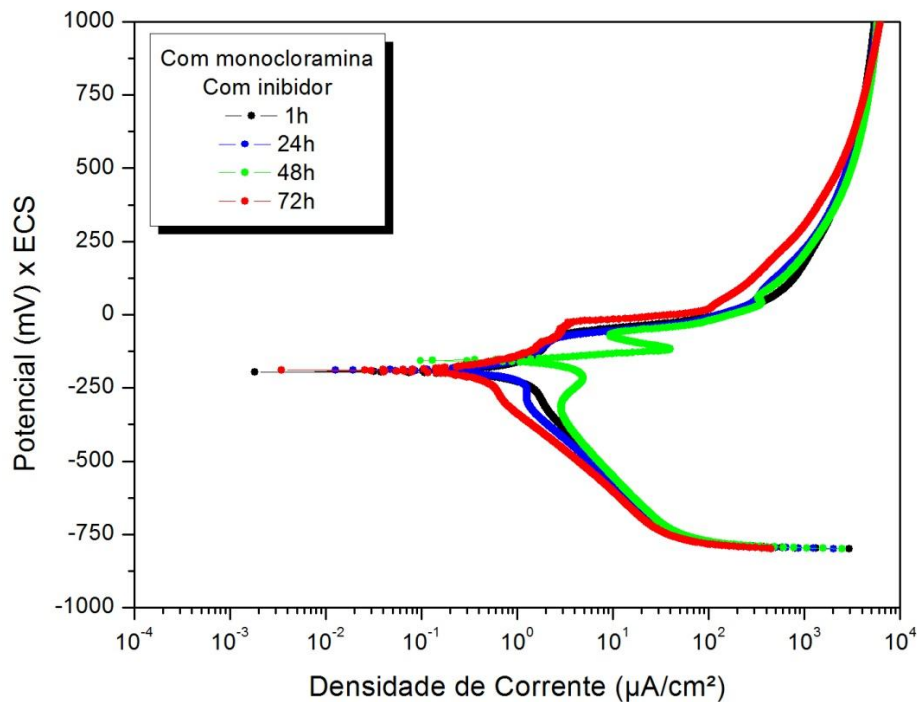


Figura 4 - Curva de Polarização de latão almirantado em água de reúso, na presença de monoclорamina e inibidor de corrosão.

Quando em presença de monoclорamina (Figuras 3 e 4), observa-se uma estabilidade nos potenciais de corrosão metálica ao longo do tempo de experimento que pode ser explicada pelo caráter oxidante dessa substância que facilita a formação de óxidos de cobre que recobrem a superfície do latão e favorecem à adsorção subsequente do azol aromático. Esse fato é corroborado pela diminuição nas densidades de corrente de corrosão na ausência de inibidor (Figura 3), que ao término do experimento chegam a valores próximos a $1,5 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, menores que os observados para a água de reúso sem monoclорamina ($3 \mu\text{A}/\text{cm}^2$). Com relação ao meio com inibidor de corrosão (Figura 4) apesar de ao final do experimento a densidade de corrente de corrosão ter ficado em valor próximo à $0,4 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, observou-se uma instabilidade curvas de polarização em tempos intermediários podendo indicar que o inibidor teve seu mecanismo de adsorção prejudicado, devido à uma provável diferença entre a sua cinética de adsorção (a molécula de azol melhor protege o metal quando em presença de óxido de cobre estável e compacto) e a cinética de reação da monoclорamina (oxidando a superfície e gerando um filme oxido estável). Apesar disso, observa-se que no tempo de 72 h surge uma camada "pseudo-passiva" de maior extensão sobre a superfície do latão indicando uma estabilidade maior desse filme associada à uma diminuição na densidade de corrente de corrosão.

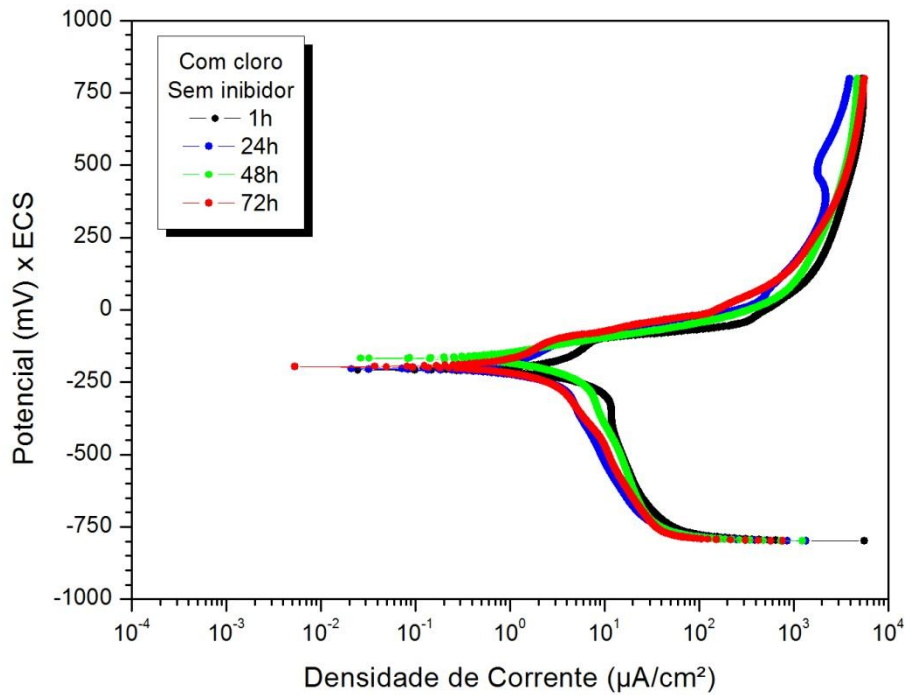


Figura 5 - Curva de Polarização de latão almirantado em água de reúso, na presença de cloro livre residual e ausência de inibidor de corrosão.

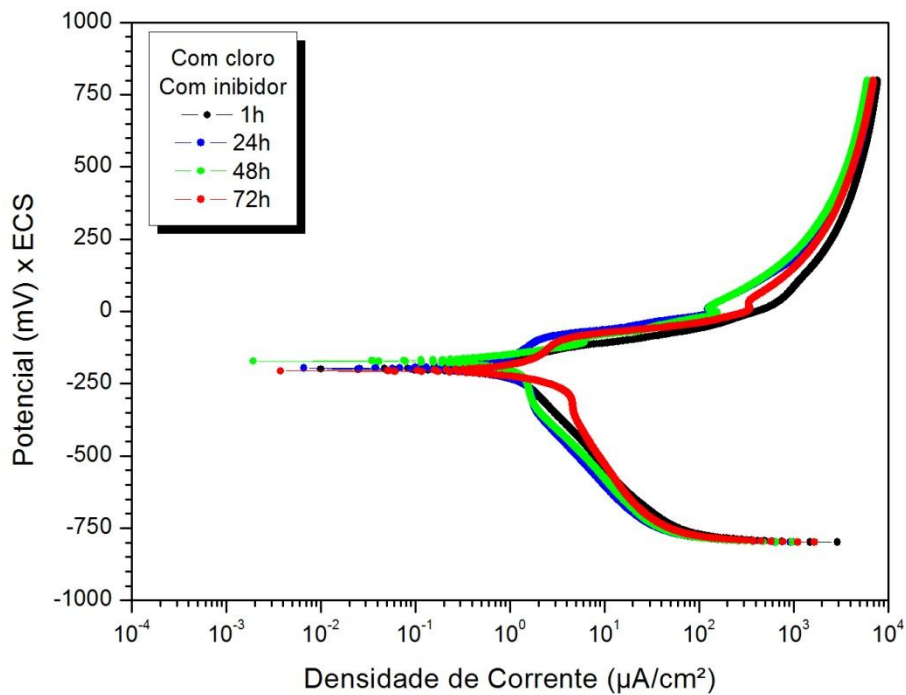


Figura 6 - Curva de Polarização de latão almirantado em água de reúso, na presença de cloro livre residual e inibidor de corrosão.

Observa-se que apenas na presença de cloro livre residual (Figura 5) o metal apresenta uma desestabilização de faixa passiva ao longo do tempo de ensaio e, apesar da diminuição das densidades de corrente, a extensão das faixas passivas ao término do experimento é menor, quando comparada ao ensaio sem biocida e na presença de monocloraminas. Esse comportamento é refletido em valores de taxa de corrosão mais elevados. Já na presença de inibidor de corrosão (Figura 6), apesar do comportamento das curvas ser bastante parecido com o ensaio somente com o referido biocida (Figura 5), as faixas passivas sofrem uma leve ampliação indicando que o inibidor, apesar do caráter oxidante do cloro, consegue alterar a característica estrutural do filme formado sobre a superfície metálica.

- Gráficos de acompanhamento de potencial por tempo de imersão

As Figuras 7, 8 e 9 trazem o acompanhamento dos potenciais de oxirredução do meio, na presença e ausência dos biocidas (monocloramina e cloro). Para o levantamento dos respectivos potenciais de oxirredução, utilizou-se um eletrodo espiralado de platina com grande área superficial:

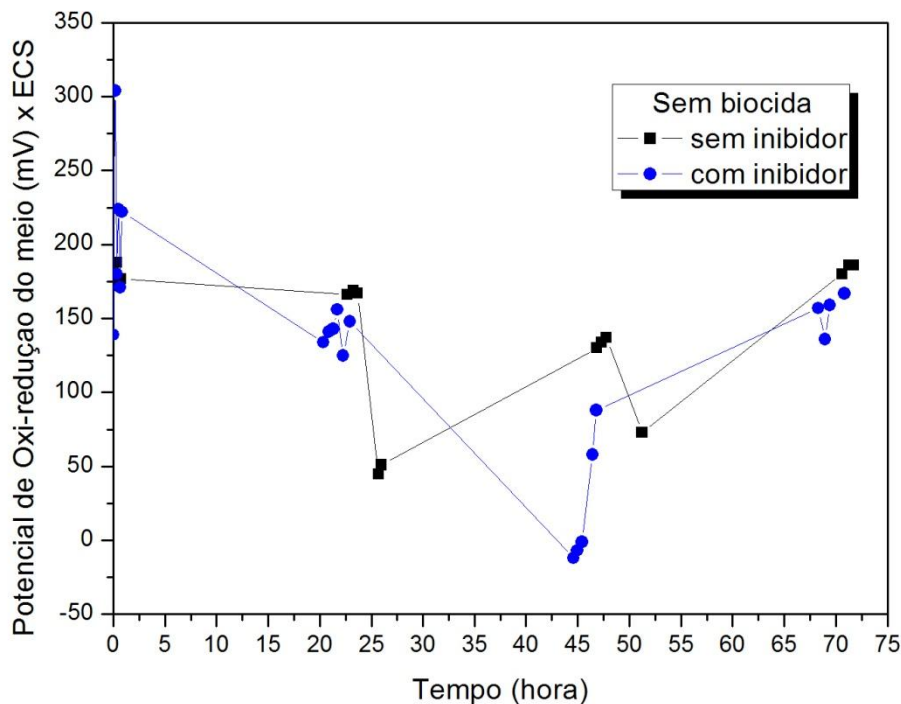


Figura 7 - Acompanhamento dos potenciais de oxirredução da água de reuso na ausência de biocida.

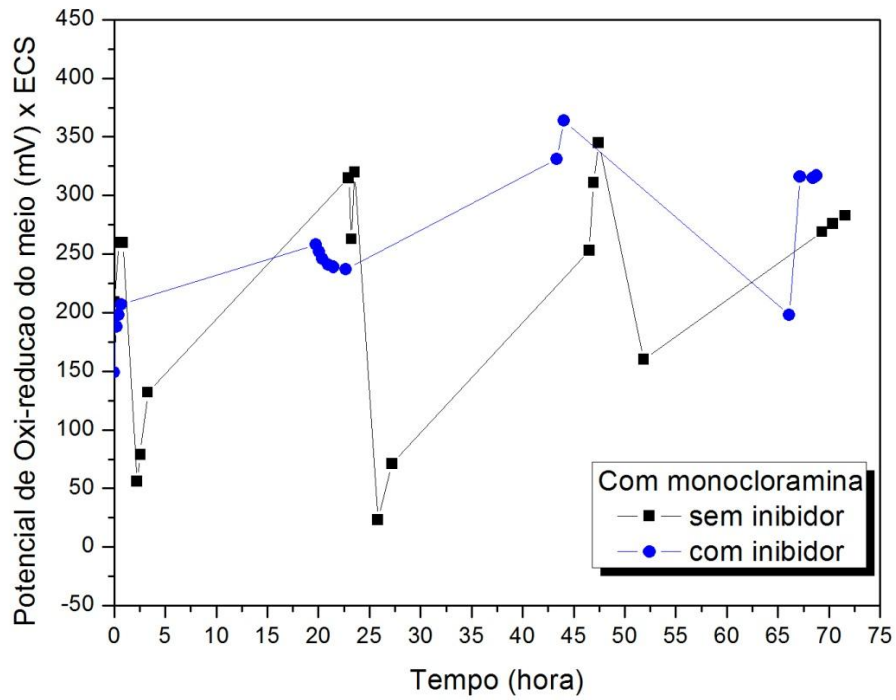


Figura 8 - Acompanhamento dos potenciais de oxirredução da água de reuso na presença de monocloramina.

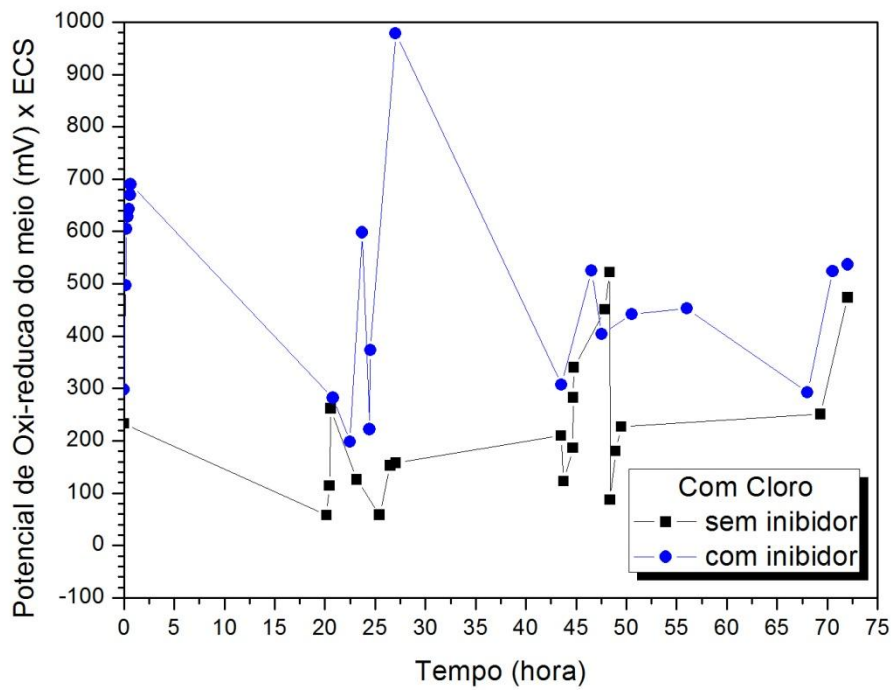


Figura 9 - Acompanhamento dos potenciais de oxirredução da água de reuso na presença de cloro livre residual.

Apesar da monocloramina ser conhecida como uma substância de razoável poder oxidante, na água de reúso em sua presença (Figura 8), os potenciais de oxirredução apresentaram um comportamento "medianamente" estável, com valores iniciais e finais muito próximos, principalmente na ausência de inibidor de corrosão. Na presença de inibidor de corrosão e monocloramina, os potenciais foram, ao final do experimento, levemente mais altos, o que infere uma característica mais oxidante do meio. Essa característica mais oxidante poderia facilitar a formação e estabilização dos filmes de inibidor sobre a superfície do latão. Na ausência de biocida (Figura 7), os valores tendem a um decaimento com o tempo, indicando característica mais redutora sendo que tanto na presença quanto na ausência de inibidor de corrosão os valores mostram-se bem próximos ao término do experimento. Já na presença de cloro livre residual (Figura 9), o comportamento médio das curvas de potencial de oxirredução com o tempo, assim como para a monocloramina, mostra tendência mais oxidante para o meio com inibidor de corrosão do que para o meio sem inibidor. Também observa-se que os valores médios de potenciais de oxirredução na presença de cloro livre são mais elevados do que os visualizados para as outras condições (branco e monocloraminas, com e sem inibidor de corrosão). Essa característica corrobora a facilidade de oxidação da superfície do latão nesta condição, porém, como mostrado através dos resultados de polarização, esse filme formado mesmo na presença de inibidor de corrosão apresenta-se morfológicamente diferente (quando comparado com os resultados obtidos em presença de monocloraminas), mantendo-se estável em faixas menores de potencial e funcionando como uma barreira quimicamente mais instável na superfície metálica.

As Figuras 10, 11 e 12 trazem o acompanhamento dos potenciais de oxirredução do metal no meio, na presença e ausência dos biocidas (monocloramina e cloro):

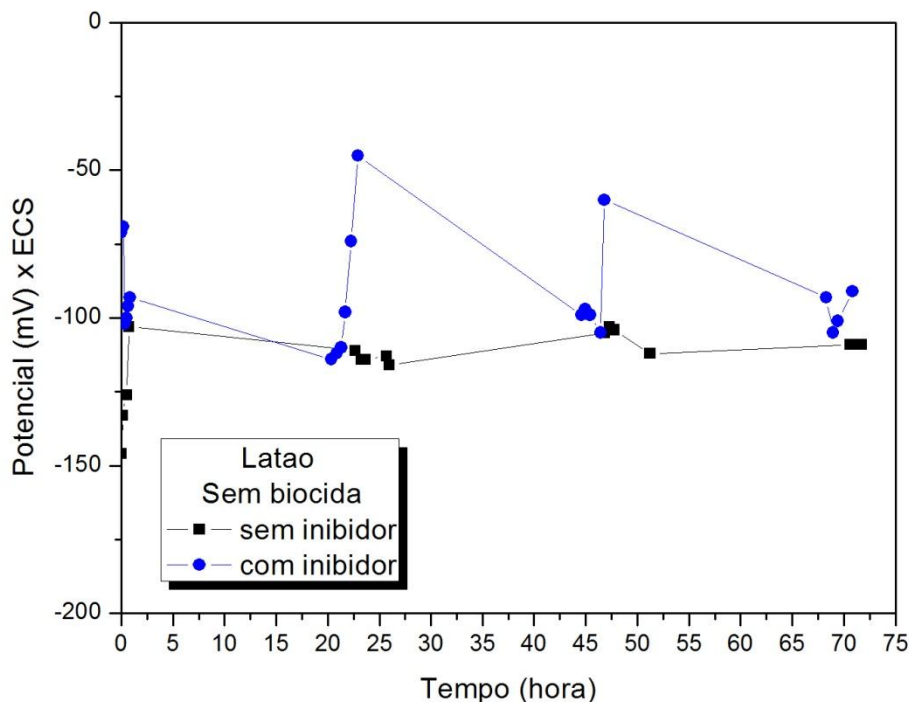
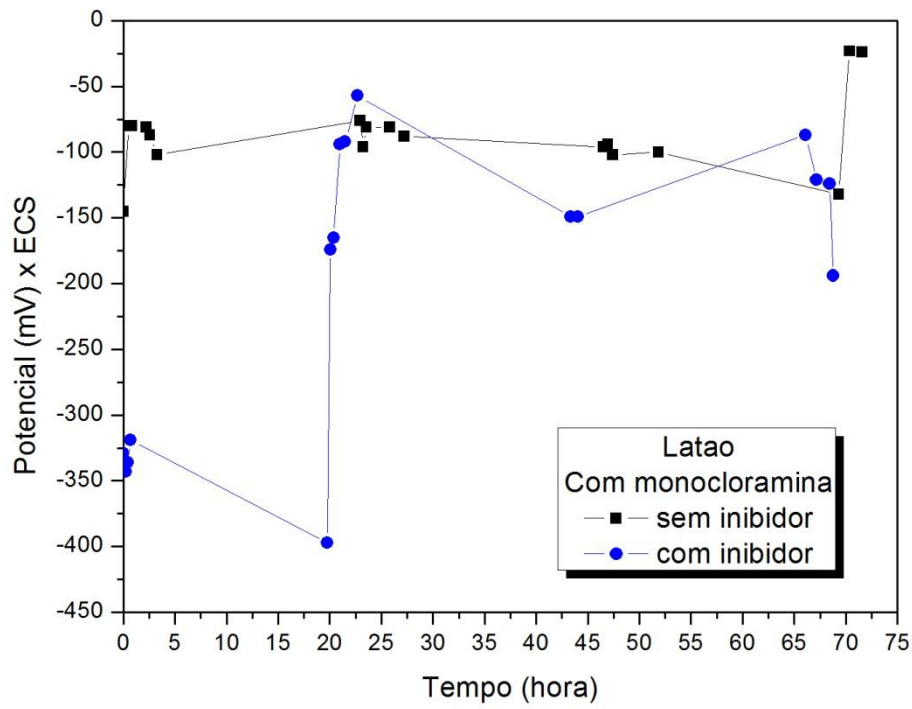


Figura 10 - Acompanhamento dos potenciais de latão almirantado em água de reúso na ausência de biocida.



Figur a 11 - Acompanhamento dos potenciais de latão almirantado em água de reuso na presença de monocloramina.

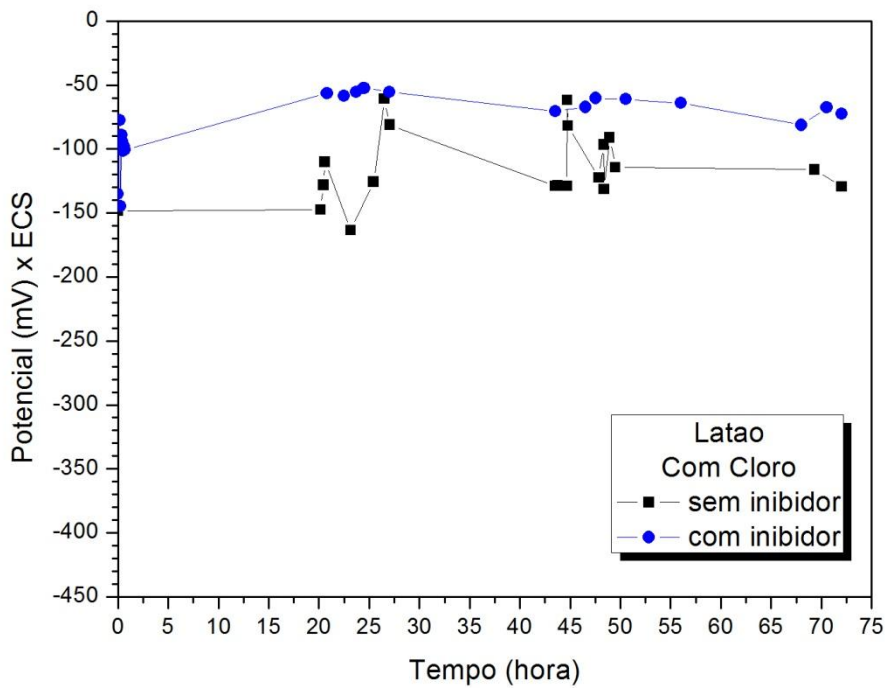


Figura 12 - Acompanhamento dos potenciais de latão almirantado em água de reuso na presença de cloro livre residual.

Através das Figuras 10 e 11 anteriores, é possível observar que os potenciais do latão almirantado no meio sem biocida e com monocloramina são, em média, respectivamente mais baixos e mais altos, na ausência de inibidor de corrosão. Os potenciais mais altos na presença de monocloramina podem sugerir que o material metálico tenha sua superfície mais protegida. Isso corrobora a formação de filmes de óxidos de cobre devido ao caráter oxidante da monocloramina, que uma vez mais compactos e protetores, minimizam o fenômeno de dezincificação do latão almirantado. Já na presença do inibidor se mostra uma maior instabilidade dos potenciais ao longo do tempo e para o meio sem e com monocloramina, os potenciais para tempos coincidentes ao final do experimento são muito próximos. Na presença de monocloramina se pôde observar para o meio com inibidor, que a estabilidade média nos valores de potencial foi atingida a partir de 24 h de imersão. Já na presença de cloro livre residual (Figura 12) observa-se uma maior estabilidade dos valores de potencial a circuito aberto ao longo do tempo de imersão, tanto na ausência quanto na presença de inibidor de corrosão. Apesar disso, os valores médios de potencial do metal no meio com cloro na ausência de inibidor são ligeiramente mais baixos do que no meio com monocloraminas, o que pode inferir um desfavorecimento à proteção metálica na presença de cloro livre, como já discutido nos ensaios anteriores.

- Ensaio gravimétrico

Esse ensaio teve por objetivo avaliar a perda média de massa em corpos de latão almirantado quando expostos a água de reuso. A Tabela 3 a seguir traz os resultados de taxas de corrosão por perda de massa para todas as condições testadas:

Tabela 3 – Valores de Taxas de Corrosão por perda de massa

	Sem biocida		Cloro livre residual (0,3 mg/L a 0,6 mg/L)		Monocloramina (1,0 mg/L)	
	Sem inibidor	Com inibidor	Sem inibidor	Com inibidor	Sem inibidor	Com inibidor
Taxa de corrosão (mpy)	0,530 ± 0,001	0,057 ± 0,030	7,290 ± 0,26	0,275 ± 0,06	0,164 ± 0,060	0,078 ± 0,009

Os resultados de bancada para avaliação da corrosão de latão almirantado em água de reuso da entrada da EDR ajustada para valores de alcalinidade, cloretos, sulfatos e pH médios observados ao longo de 2 anos no sistema de resfriamento da empresa fornecedora mostram que as taxas de corrosão na presença de monocloraminas comerciais, tanto na ausência quanto na presença de inibidor de corrosão para ligas amarelas, sugerem a viabilidade de sua aplicação em águas de resfriamento, com parametrização parecida.

Conclusões

Os ensaios de polarização, de forma geral, conseguiram refletir a estabilidade e possíveis diferenças morfológicas entre os filmes formados na superfície do latão nas condições avaliadas;

As tendências dos valores aquisitados dos Potenciais à Circuito Aberto do latão ao longo do tempo indicaram que, a presença de inibidores de corrosão em quaisquer condições avaliadas, caracterizou uma melhora na proteção metálica;

Os Potenciais de oxirredução confirmam que o inibidor utilizado, mesmo inferindo uma mais elevada característica oxidante do meio na presença de cloro, é capaz de filmar a superfície metálica desacelerando os mecanismos de corrosão e sucessiva dezincificação da liga;

Não foram observadas grandes diferenças entre os valores de taxas de corrosão na presença de inibidor para o latão, na ausência e presença de monocloraminas, indicando a boa compatibilidade entre ambas as substâncias;

As taxas de corrosão na presença de inibidor de corrosão são sempre menores, como era de se esperar; as maiores variações de taxa foram aquisitadas na condição de ausência de biocida assim como na presença de cloro livre residual. A diferença pequena entre valores de taxa de corrosão na presença de monocloraminas (sem e com inibidor de corrosão) pode indicar que esse biocida por si só já infere certa ação inibidora à superfície do latão almirantado;

Dentre os biocidas destacados neste trabalho (monocloraminas e cloro livre), as monocloraminas apresentaram um impacto menor nas taxas de corrosão do latão almirantado nas condições de alcalinidade, pH, cloretos e sulfatos da água de reúso avaliada, tanto na presença quanto ausência de inibidores de corrosão comerciais sendo que taxas de corrosão do referido metal na presença de monocloraminas apresentaram-se compatíveis com os valores máximos exigidos pela empresa (0,2 mpy);

Referências bibliográficas

APHA; "Standard Methods for examination of water and wastewater". 21. Ed. Washington, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.

AWWA; "Selecting Disinfectants in a Security-Conscious Environment". First Edition, American Water Works Association, 2009.

FRAYNE, C.; "Cooling water treatment: Principles and Practice". New York: Chemical Publishing CO., INC., 1999.

GENTIL, V.; "Corrosão". 6ª. ed., LTC Editora, Rio de Janeiro, 2011.

PUCKORIUS, P. R.; TIANGCO, J. M.; "Cooling Tower Systems Components and the Impact of re-use Water"; Cooling Tower Institute Annual Conference, Houston (TX), Fevereiro 3-6, 2002.