

# **ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA RESISTÊNCIA DO CHUVEIRO ELÉTRICO ATRAVÉS DO PROCESSO DE FADIGA E CORROSÃO**

Aleson J. A. Silva E-mail: alesonsilva@alunos.fho.edu.br  
José Erinaldo Fonseca (FHO) E-mail: eriminas@hotmail.com  
Bruno Moser Nunes (FACAMP) E-mail: mosernunes@gmail.com

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo verificar se o cloro adicionado à água no processo de cloração, visando a inativação de microrganismos patogênicos, e a fadiga térmica provocada pelos ciclos térmicos, são fatores que influenciam no processo de corrosão da resistência elétrica do chuveiro e consequentemente na redução da vida útil da mesma. Nos experimentos foram utilizadas as resistências elétricas bello banho ultra e maxi ducha, ambas da Lorenzetti, empresa do segmento de duchas e chuveiros. De modo a realizar um teste de vida útil acelerado foi desenvolvido um sistema hidráulico composto por uma caixa d'água, um chuveiro elétrico, uma bomba hidráulica e um timer analógico. A comparação foi o método utilizado para obtenção dos resultados, e a etapa experimental foi dividida em duas, com água potável e com água destilada. Os resultados obtidos foram analisados em microscopia através do estereomicroscópio binocular, equipamento que possibilitou verificar de forma categórica que o cloro e a fadiga térmica são fatores agravantes no processo de corrosão da resistência elétrica e determinantes na deterioração da mesma. As resistências elétricas que se romperam apresentaram um ponto em comum de rompimento, localizado no comprimento menor da resistência elétrica, sendo este responsável pela maior taxa de aquecimento.

**Palavras-chave:** Cloro, corrosão, resistência elétrica.

## **PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS OF AN ELECTRIC RESISTANCE, USED IN THE ELECTRIC SHOWER, THROUGH THE PROCESS OF FATIGUE AND CORROSION**

**Abstract:** The present study aimed to verify if the chlorine added in the water in the chlorination process, aiming at the inactivation of pathogenic microorganisms and the thermal fatigue caused by the thermal cycles, are factors that influence the corrosion process of the electrical resistance used in the electric shower and consequently reduction of its lifetime. In the experiments were used the electrical resistances bello banho ultra e maxi ducha, both of Lorenzetti, company of the segment of showers. In order to perform an accelerated lifetime test, a hydraulic system was developed, containing water tank, electric shower, hydraulic pump and analog timer. The comparison was the method used to obtain the results, the experimental stage was divided into two stages, with potable water and distilled water. Firstly, potable water and secondly distilled water was used. The results obtained in the experimental phase were analyzed by microscopy using the binocular stereo microscope, which enabled categorical verification that chlorine and thermal fatigue are aggravating factors in the corrosion process of the electrical resistance and determinants of its deterioration. The electrical resistances that have broken down have a common breaking point, located in the smaller length of the electrical resistance, length responsible for the higher rate of heating.

**Keywords:** Chlorine, corrosion, electrical resistance.

### **1. Introdução**

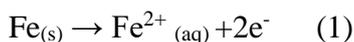
Segundo Gentil (1996), o processo de corrosão pode ser definido como a deterioração de um material, geralmente metálico, que ocorre por ação química ou eletroquímica do meio ambiente, podendo ou não estar associada a esforços mecânicos.

A corrosão consiste na transferência de elétrons entre espécies químicas, um redutor e

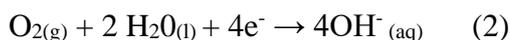
outro oxidante. Comumente este processo ocorre de modo espontâneo, assim sendo, está constantemente transformando os materiais metálicos de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos deixam de ser satisfatórios.

A corrosão eletroquímica mais comum, devido à grande quantidade de materiais metálicos presentes no mundo, é a ferrugem. Para que a ferrugem ocorra é necessário que haja oxigênio e água no meio. A formação de ferrugem pode ser sucintamente representada pela seguinte equação (SILVA et al., 2015):

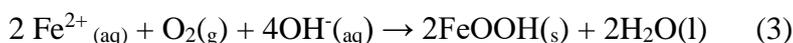
Reação anódica (oxidação)



Reação catódica (redução)



Equação global



De acordo com Gentil (1996), no estudo dos processos corrosivos devem ser sempre consideradas as variáveis dependentes do material metálico (composição química, presença de impurezas), do meio corrosivo (pH, temperatura) e das condições operacionais (solicitações mecânicas, movimento relativo entre material metálico e meio, operação contínua ou intermitente).

Os materiais metálicos tendem a sofrer corrosão em contato com a água, devido às impurezas presentes na mesma. Um dos principais contaminantes e responsáveis pelo ataque corrosivo da água é o cloro que é adicionado no processo de cloração da mesma, visando à inativação dos micro-organismos patogênicos. A presença de cloro na água reduz o pH, pois o meio torna-se ácido devido a formação do ácido clorídrico (HCl), acentuando o processo de corrosão.

Além do cloro presente na água, a temperatura também é um fator que influencia no processo de corrosão de materiais metálicos. As reações de corrosão são usualmente mais rápidas em temperaturas elevadas e as mudanças de temperatura podem afetar a solubilidade dos produtos de corrosão. De acordo com estudo, a velocidade de corrosão do aço doce, em água potável, aumenta cerca de 30% entre 20° e 30°C (JUNIOR, 2007).

A variação de temperatura, fenômeno presente em resistências elétricas, faz com que o material esfrie de maneira não linear gerando pontos que apresentam um tempo maior para reduzir sua temperatura, gerando tensões residuais de tração, dessa forma, o processo de ruptura do material é acelerado. Esse fenômeno é conhecido como fadiga térmica (BRANDIM et al., 2009).

Na literatura existem muitos estudos sobre os problemas causados pela corrosão, pois ele atinge as mais variadas atividades, por exemplo, indústria automobilística, química, de construção civil, naval, e meios de transporte aéreo. As perdas econômicas causadas pela corrosão são inúmeras, segundo Fontana apud Gentil (2007), cerca de 30 bilhões de dólares poderiam ser economizados se todas as medidas economicamente viáveis fossem usadas para prevenção da corrosão.

No início do século XX os americanos e europeus começaram a desenvolver os primeiros sistemas de aquecimento de água a gás. No Brasil, como não havia acesso a redes de gás, surgiram protótipos de chuveiros elétricos. O dia 18 de janeiro de 1927, data a invenção do primeiro chuveiro elétrico, descrito como o Ensaio Oficial nº 1 do Gabinete de

Eletrotechnica da Escola Polytechnica de São Paulo (atual IEE USP – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo) (ABINEE, 2019).

Os primeiros chuveiros elétricos que surgiram, foram feitos artesanalmente. Somente na década de 40 a FAME (Fábrica de aparelhos e material elétrico Ltda), pequena empresa do Sr. Álvaro Coelho Silva, passou a industrializar o chuveiro elétrico. Na Figura 1, visualiza-se uns dos primeiros modelos de chuveiro elétrico produzidos pela FAME (FAME, 2019).



Figura 1 - Chuveiros elétricos desenvolvidos pela FAME (FAME, 2019).

Os primeiros modelos de chuveiro elétrico que foram industrializados dependiam de uma chave elétrica para acionar a resistência. Segundo Abinee apud Pandolfo (2016), na década de 50 a Lorenzetti, lançou no mercado o chuveiro elétrico automático, criado por Lorenzo Lorenzetti. A Figura 2 mostra o primeiro chuveiro automático da Lorenzetti.



Figura 2 - Primeiro chuveiro automático criado por Lorenzo Lorenzetti (PANDOLFO, 2016).

As resistências elétricas utilizadas no chuveiro são feitas de ligas metálicas com alto ponto de fusão, como ligas de níquel e ligas de cromo. Existem diferentes tipos de resistências que variam no formato e no tipo de materiais. A Figura 3 exemplifica alguns tipos de resistências elétricas presentes no mercado atual.



Figura 3 - Tipos de resistências elétricas de chuveiro

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho compreendeu verificar se o cloro adicionado na água, no processo de cloração, e a fadiga térmica, provocada pelos ciclos térmicos, são fatores que influenciam no processo de corrosão da resistência elétrica, presente no chuveiro, e consequentemente na redução da vida útil da mesma.

## **2. Material e métodos**

### **2.1 Resistência elétrica**

Na etapa experimental foram utilizados dois modelos de resistências elétricas, resistência maxi ducha e resistência bello banho ultra (Figura 4). Utilizou-se dois modelos diferentes

com o objetivo de avaliar se a geometria interfere na vida útil da resistência elétrica. A Tabela 1, mostra as diferentes características existentes entre os dois modelos de resistências elétricas utilizados no experimento.



Figura 4 – Modelos de resistências elétricas utilizadas no experimento. (a) Maxi ducha (b) Bello banho ultra (CASA SHOW, 2019; CASA&CONSTRUÇÃO, 2019).

Tabela 1- Características dos modelos de resistências elétricas utilizadas no experimento.

| Características das resistências elétricas |           |                      |                   |
|--|-----------|----------------------|-------------------|
| Modelo                                     | Geometria | Material Resistência | Material Conector |
| Maxi ducha                                 | Espiral   | Níquel Cromo         | Cobre             |
| Bello banho ultra                          | Plana     | Níquel Cromo         | Níquel Cromo      |

Fonte: Autor

## 2.2 Sistema hidráulico

De modo a realizar o teste de vida útil acelerado, foi desenvolvido um sistema hidráulico contendo bomba hidráulica, caixa d'água, chuveiro elétrico e timer analógico. O sistema funcionou da seguinte maneira:

- A bomba hidráulica foi ligada com auxílio de um timer analógico, que foi programado para manter o sistema ligado por 15 minutos e desligado pelo mesmo período;
- A tensão de alimentação utilizada para o chuveiro foi de 220 volts, visando reduzir a corrente elétrica;
- A bomba quando acionada, bombeava a água armazenada na caixa d'água para o chuveiro e este se mantinha acionado, enquanto a bomba estava em funcionamento, aquecendo a água;
- A água que saía do chuveiro retornava para a caixa d'água para ser reutilizada pelo sistema, criando um ciclo contínuo.

A Figura 5 evidencia o sistema hidráulico utilizado nos experimentos.



Figura 5 - Sistema hidráulico utilizado nos experimentos. (a) parte hidráulica (b) parte elétrica.

## 2.3 Método DPD (n-dietil-para-fenilendiamina)

Através da utilização do método DPD (N-dietil-para-fenilendiamina), analisou-se amostras d'água, com o intuito de determinar o teor de cloro presente na mesma. O método DPD consiste em adicionar pastilhas de DPD que se dissolvem na amostra d'água contendo cloro, produzindo como efeito a coloração rosa, cuja intensidade depende do teor de cloro presente na amostra. Quanto maior o teor de cloro maior é a intensidade da coloração (FUNASA, 2014).

O teor de cloro encontrado na água potável, foi de 0,67 mg/L atendendo a lei 1469 (BRASIL,2001) em seu Art. 13º, que cita que após a desinfecção, a água deve conter o teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

## 2.4 Etapas experimentais

A fim de verificar se o teor de cloro presente na água potável e a fadiga térmica influenciam na corrosão da resistência elétrica, a etapa experimental foi dividida em seis análises, descritas na Tabela 2, que apresenta o modelo de resistência, o tipo de água e o tempo em horas de cada análise.

Tabela 2 – Divisão da etapa experimental em seis análises.

| Etapas experimentais |                   |           |               |
|----------------------|-------------------|-----------|---------------|
| Análise              | Resistência       | Água      | Tempo (horas) |
| 1                    | Bello banho ultra | Potável   | 120           |
| 2                    | Bello banho ultra | Destilada | 120           |
| 3                    | Maxi ducha        | Potável   | 40            |
| 4                    | Maxi ducha        | Destilada | 40            |
| 5                    | Bello banho ultra | Potável   | 40            |
| 6                    | Bello banho ultra | Destilada | 40            |

Fonte: Autor

## 2.5 Estereomicroscópio

A observação do efeito corrosivo presente nas resistências elétricas após a etapa experimental, foi feita através de um estereomicroscópio binocular com iluminação diascópica (a iluminação transpassa a peça que será examinada) e episcópica (a iluminação se concentra na superfície da peça), possibilitando uma ampliação máxima de 80 vezes (BYOISTEMS, 2019).

## 3. Resultados e discussão

### 3.1 Análises

Os resultados são explicitados abaixo de acordo com as etapas experimentais descritas na Tabela 2.

#### 3.1.1 Análise 1

A análise 1 consistiu em mensurar a vida útil da resistência elétrica, buscando identificar o tempo de experimento ideal que permitiria avaliar a influência do cloro na deterioração da resistência elétrica, antes da mesma se romper devido a fadiga térmica.



Figura 6 - Resistência bello banho ultra após 120 horas de experimento utilizando água potável.

Na Figura 6 observa-se o fenômeno da corrosão de modo uniforme na resistência elétrica. Além disso, pode-se inferir que a resistência se rompeu no comprimento menor, local onde se tem maior dissipação de calor, de acordo com a 1ª lei de ohm, a 2ª lei de ohm e a lei de Joule descritas abaixo.

A 1ª lei de ohm afirma que a tensão em um resistor é diretamente proporcional à corrente através do resistor (ALEXANDER & SADIKU, 2008).

Isto é:

$$v \propto i$$

Ohm definiu a constante de proporcionalidade para um resistor como a resistência R.

$$v = i.R$$

A 2ª lei de ohm postula que a resistência de qualquer material com seção transversal uniforme depende da área (A) e de seu comprimento (L) (ALEXANDER & SADIKU, 2008).

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Onde  $\rho$  é conhecida como resistividade do material em ohms-metro.

A lei de Joule enuncia que quando uma corrente elétrica se propaga ao longo de um condutor metálico, o calor desenvolvido num dado tempo é proporcional à resistência do condutor multiplicada pelo quadrado da intensidade da corrente elétrica (GUEDES, 2000).

$$Q = R.i^2. \Delta t$$

Onde R é a resistência do condutor, i é a intensidade da corrente elétrica e  $\Delta t$  é a variação de tempo na qual a corrente percorre o condutor.

Aplicando os conceitos e equações mencionadas acima, calculou-se a dissipação de calor ao variar o comprimento para um fio de nicromo, com seção transversal de 2,01 mm<sup>2</sup>, para uma tensão de 220 V e  $\Delta t$  de 60 segundos (Figura 7).

Corroborando assim que quanto menor o comprimento da resistência, maior é a dissipação de calor.

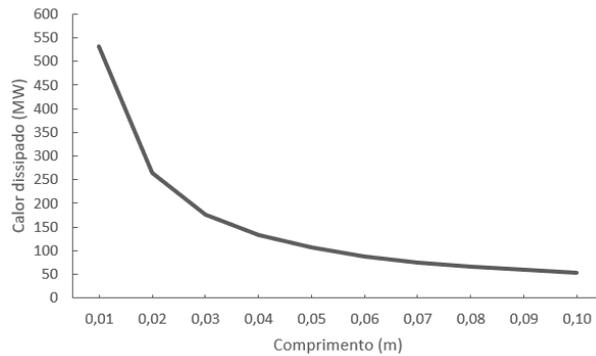


Figura 7 - Relação entre o calor dissipado e o comprimento.

Analisando a Figura 8 verifica-se que no comprimento menor onde se deu o rompimento da resistência elétrica, o grau de corrosão foi maior.



Figura 8 – Resistência elétrica bello banho após a análise 1. (a) Comprimento maior (b) Comprimento menor.

### 3.1.2 Análise 2

Na análise 2 os parâmetros de experimento permaneceram os mesmos da análise 1 com exceção da água potável que foi substituída por água destilada, visando assim não só mensurar a vida útil da resistência elétrica, mas também analisar o efeito do cloro e da fadiga térmica no fenômeno da corrosão.



Figura 9 - Resistência bello banho ultra após 120 horas de experimento utilizando água destilada.

A Figura 9 evidencia que os pontos de corrosão na resistência elétrica foram quase inexistentes, verificando assim que o teor de cloro adicionado na água no processo de cloração é suficiente para intensificar o processo de corrosão. Também se verifica que mesmo sem apresentar grande área atingida pela corrosão, houve rompimento no comprimento menor, fato este que comprova que a fadiga térmica interfere na redução da vida útil da resistência elétrica.

Observando a Figura 10, verificou-se que o comprimento menor apresentou pontos de corrosão, enquanto que no comprimento maior o fenômeno não ocorreu.



Figura 10 – Resistência elétrica bello banho ultra após a análise 2. (a) Comprimento maior (b) Comprimento menor

Nas análises 1 e 2 foi possível mensurar o tempo de vida útil da resistência elétrica nos parâmetros impostos pelo experimento e analisar que o cloro e a fadiga térmica são fatores que influenciam no processo de corrosão bem como na redução da vida útil da resistência elétrica. A partir do pressuposto, nas análises de 3 a 6 o tempo de experimento foi reduzido de 120 horas para 40 horas de modo a evitar que os efeitos de deterioração provocados pela fadiga térmica fossem superiores aos provocados pelo cloro e além disso se comparou dois modelos de resistências elétrica com geometrias diferentes, maxi ducha e bello banho ultra, ambas da empresa Lorenzetti, quanto ao tempo de vida útil.

### 3.1.3 Análise 3

Na Figura 11 verifica-se que a resistência elétrica sofreu efeito corrosivo, principalmente no comprimento menor, ponto em que a mesma se rompeu, assim como ocorreu na análise 1.



Figura 11 – Resistência maxi ducha após 40 horas de experimento utilizando água potável.

A Figura 12 mostra que no comprimento menor a corrosão foi mais agressiva e uniforme do que no comprimento maior da resistência elétrica.



Figura 12 - Resistência elétrica maxi ducha após a análise 3. (a) Comprimento maior (b) Comprimento menor

### 3.1.4 Análise 4

Na Figura 13 observa-se que os pontos de corrosão presentes na resistência elétrica foram mínimos e que não houve rompimento da mesma, evidenciando assim que o cloro

intensifica o processo de corrosão e redução da vida útil da resistência elétrica.



Figura 13 – Resistência maxi ducha após 40 horas de experimento utilizando água destilada.

A Figura 14 mostra o comprimento menor da resistência elétrica, com pontos de corrosão e o comprimento maior da resistência elétrica, isenta de pontos corrosivos.

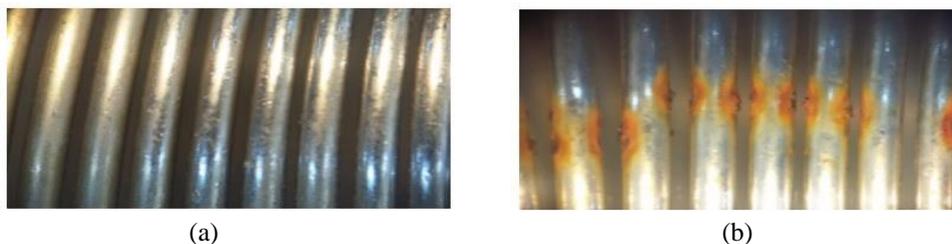


Figura 14 – Resistência elétrica maxi ducha após a análise 4. (a) Comprimento maior (b) Comprimento menor.

### 3.1.5 Análise 5

Analisando a Figura 15 e comparando a análise 5 com a análise 3, é possível concluir que a resistência elétrica bello banho ultra nas condições experimentais utilizadas, apresentou maior vida útil do que a resistência elétrica maxi ducha, pois verifica-se que a mesma não se rompeu e o efeito corrosivo sofrido foi de menor grau. Isso pode ser explicado devido a geometria das resistências, pois a área circular apresenta maior área de contato para que ocorra oxidação quando comparado com a área retangular.



Figura 15 - Resistência bello banho ultra após 40 horas de experimento utilizando água potável.

Ao observar a Figura 16 percebe-se que o comprimento menor, apresentou grau de corrosão maior do que o comprimento maior da resistência elétrica.



Figura 16 – Resistência elétrica bello banho ultra após a análise 5. (a) Comprimento maior (b) Comprimento menor

### 3.1.6 Análise 6

Na Figura 17 visualiza-se que a resistência elétrica não se rompeu e que o efeito corrosivo se apresentou de maneira discreta. Assim sendo ao comparar a análise 6 com a análise 5, conclui-se novamente que o cloro é um agente agravante no processo de corrosão.



Figura 17 - Resistência bello banho ultra após 40 horas de experimento utilizando água destilada.

A Figura 18 mostra que o comprimento menor da resistência elétrica sofreu efeito corrosivo em alguns pontos e evidencia que no comprimento maior da resistência elétrica não ocorreu deterioração do material, assim sendo, conclui-se que nesta região não ocorreu o fenômeno da corrosão.



Figura 18 – Resistência elétrica bello banho ultra após a análise 6. (a) Comprimento maior (b) Comprimento menor

### 3.2 Análise da geometria da resistência elétrica maxi ducha

As resistências elétricas que se romperam, tiveram um ponto em comum de rompimento, denominado comprimento menor. Utilizando um instrumento de medição nomeado paquímetro mensurou-se que a área da seção transversal do comprimento menor não é a mesma do comprimento maior. Os valores são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Área da seção transversal resistência maxi ducha.

| Comprimento       | Área (mm <sup>2</sup> ) |
|-------------------|-------------------------|
| Comprimento menor | 2,01                    |
| Comprimento maior | 2,32                    |

Fonte: Autor

Conforme demonstrado na Figura 7, a energia dissipada é maior no comprimento menor da resistência elétrica.

Considerando um fio de nicromo, de comprimento 100 m, para uma tensão de 220 V e  $\Delta t$  de 60 segundos, conclui-se que quanto maior o calor dissipado maior é a corrente elétrica (Figura 19), além disso, constata que quanto maior a corrente elétrica, maior deve ser a área da seção transversal (Figura 20), ou seja, o comprimento menor da resistência elétrica, sendo o local em que se tem maior dissipação de calor, deveria apresentar uma maior área de seção transversal.

Assim sendo, o fato de a área da seção transversal do comprimento menor da resistência elétrica ser menor do que a área da seção transversal do comprimento maior, contribui

para que o rompimento da resistência elétrica ocorra no comprimento menor.

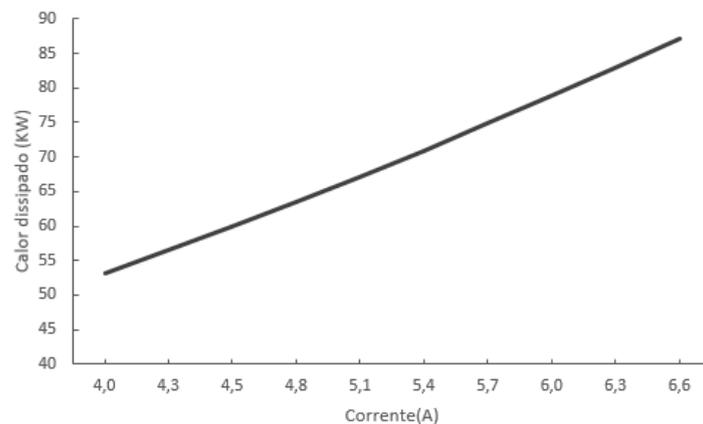


Figura 19 - Relação entre o calor dissipado e a corrente elétrica.

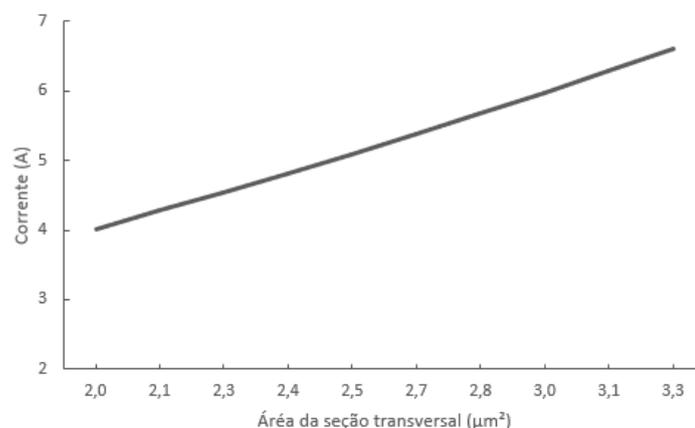


Figura 20 - Relação entre a corrente e a área da seção transversal.

#### 4. Conclusão

Este trabalho teve como proposta analisar se o cloro adicionado na água no processo de cloração e a fadiga térmica provocada pelos ciclos térmicos são fatores que intensificam o fenômeno da corrosão e conseqüentemente influenciam na redução da vida útil da resistência elétrica de chuveiro.

Através dos resultados obtidos, conclui-se que o cloro adicionado na água no processo de cloração, visando a inativação dos micro-organismos patogênicos, mesmo sendo controlado e existindo uma lei que determina uma quantidade ideal, que possua o poder de desinfetar a água e não seja prejudicial aos seres humanos, é um fator agravante no processo de corrosão da resistência elétrica de chuveiro. Como observado nas Figuras elaboradas por meio do estereomicroscópio binocular, nos experimentos feitos em água potável a resistência elétrica apresentou maior grau de corrosão do que nos experimentos feitos em água destilada.

Além do cloro, a fadiga térmica também demonstrou possuir capacidade de reduzir a vida útil da resistência elétrica, esse fato ficou evidente nos experimentos utilizando água destilada.

Através dos resultados obtidos também se verificou que a resistência elétrica bello banho ultra (plana) tem uma vida útil maior quando comparada a resistência elétrica maxi ducha (espiral). Logo a geometria é um fator determinante para a vida útil da resistência e por isso pode ser melhor explorada, visando o aumento da longevidade, que pode ter impacto

direto ao consumidor.

Para trabalhos futuros sugere-se a realização de testes de novos materiais que possam ser utilizados para construir a resistência elétrica, bem como a alteração na porcentagem dos componentes químicos presentes nas resistências atuais e pôr fim a modificação das dimensões e geometrias.

### Referências

- GENTIL V.** *Corrosão*. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos;1996. 345 p.
- SILVA MVF, PEREIRA MC, ACCIARI HA & CODARO EM.** *Corrosão do aço-carbono: uma abordagem do cotidiano no ensino de química*. Química Nova. 2015;38(2):293-296.
- JUNIOR A.** *Sistemática para Análise de Falha por Corrosão em Componentes Mecânicos Metálicos*. [Tese]. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba; 2007. 57 p.
- PONTE HA.** *Fundamentos da Corrosão*. Universidade Federal do Paraná, Curitiba; 112 p.
- BRANDIM ASI, SOUSA RRMI & ALVES JR.** *Development by one equipment to thermal fatigue test*. Revista MATÉRIA.2009;14(1).
- GENTIL V.** *Corrosão*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC; 2007, 353 p.
- ABINEE.** *História do chuveiro elétrico – uma invenção brasileira*. Disponível em: <<http://abinee.hospedagemdesites.ws/post/id/26/historia-do-chuveiro-eletrico>>. Acesso em: 09 de jun. de 2019.
- FAME – História.** Disponível em: <<https://www.fame.com.br/historia/1>>. Acesso em 09 de jun. de 2019.
- PANDOLFO RC.** *Projeto de Ducha Eletrônica: Facilitando a troca da resistência elétrica* [monografia]. Lajeado (RS): Centro universitário univates; 2016. 108 p.
- CASA SHOW – Resistência para chuveiro Lorenzetti Maxi Ducha 4600 w 127 v.** Disponível em: <<https://www.casashow.com.br/resistencia-maxi-ducha-t43-127v-4600w-lorenzetti/p>>. Acesso em: 10 de jun. de 2019.
- CASA&CONSTRUÇÃO – Resistência para chuveiro elétrico maxi ducha, maxi banho, bello banho e relax 5500 w 220 v.** Disponível em: <<https://www.cec.com.br/material-hidraulico/chuveiros-e-duchas/resistencias/resistencia-para-chuveiro-eletrico-maxi-ducha-maxi-banho-bello-banho-e-relax-5500w-220v?produto=1220888>>. Acesso em: 10 de jun. de 2019.
- FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE.** *Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades*. Brasília: FUNASA;2014. 30 p.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE.** *Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano*. Disponível em: <<https://daejudiai.com.br/wp-content/uploads/2013/10/Portaria-1469-2000.pdf>>. Acesso em: 05 de fev. de 2019.
- BYOISTEMS.** *Estereomicroscópio binocular com iluminação dupla episcópica (incidente) e diascópica (refletida) com aumento de 80x (sem zoom)*. Disponível em: <<http://www.biosystems.com.br/equipamentos/estereomicroscopio/estereomicroscopio-binocular-com-iluminacao-dupla-episcopica-incidente-e-diascopica-refletida-com-aumento-de-80x-sem-zoom>>. Acesso em: 10 de abr. de 2019.
- ALEXANDER CK & SADIKU MNO.** *Fundamentos de Circuitos Elétricos*. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill; 2008.
- GUEDES MV.** *A lei de Joule*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2000.