# DESENVOLVIMENTO DA PASSIVAÇÃO À BASE DE CROMO TRIVALENTE PARA AÇOS ELETROGALVANIZADOS*

*Juliana Porto Guimarães*[1]
*Carlos Augusto Carvalhido*[2]
*Cristiane Brasil Magalhães Faria*[3]
*Rodrigo Luiz Dornelas de Andrade*[4]

**Resumo**
Os revestimentos a base de Zn são extensivamente utilizados para proporcionar a resistência à corrosão do aço por meio de proteção catódica. Visando à otimização desse desempenho, a passivação a base de Cr é geralmente adotada em muitas aplicações específicas dos aços galvanizados, principalmente aquelas que não requeiram pintura. Dessa forma, a Usiminas desenvolveu e incluiu em seu portfólio de produtos, o aço eletrogalvanizado(EG)com passivação a base de Cr trivalente, que possui características que atendem às regulamentações internacionais, tais como as Diretivas RoHS (*Restriction of Certain Hazardous Substances*) e ELV (*End of Life Vehicles*). Nestetrabalhosão abordadas as características morfológicas do novo revestimento eletrogalvanizado passivado, assim como a sua excelente resistência à corrosão.
**Palavras-chave**:Aço eletrogalvanizado; Passivação; Cr trivalente.

## DEVELOPMENT OF TRIVALENT CHROME PASSIVATION FOR ELECTROGALVANIZED STEELS

**Abstract**
The Zn-based coatings are extensively used to promote the corrosion resistance of the steel by cathodic protection. In order to optimize this performance, Cr-based passivation is generally adopted in many specific applications of galvanized steels, especially those not requiring painting. In this way, Usiminas has developed and included in its portfolio of products the electrogalvanized steel with passivation based on trivalent Cr,which has characteristics that accomplish with international regulations, such as RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances) and ELV (End of Life Vehicles). In this study are presented the coating morphological characteristics, as well as its excellent corrosion resistance.
**Keywords:** Electrogalvanized steel; Passivation; Trivalent Cr.

[1] *EngenheiraQuímica,MSc, Pesquisadora Sênior da Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento de Processos, Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.*
[2] *EngenheiroMetalurgista, MSc, Especialista de Produto Pleno da Gerência Geral Atendimento Cliente Garantia Qualidade e Produto, Usiminas, Belo Horizonte, MG, Brasil.*
[3] *Engenheira Metalurgista, Engenheira de Produto da Gerência Controle Integrado do Produto, Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.*
[4] *Engenheiro Metalurgista, MSc, Especialista de Qualidade da Gerência Geral Atendimento Cliente Garantia Qualidade e Produto, Usiminas, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

** Contribuição técnica ao 73º Congresso Anual da ABM – Internacional, parte integrante da ABM Week, realizada de 02 a 04 de outubro de 2018, São Paulo, SP, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

O revestimento de Zn constitui o método mais eficiente, em termos de custos, para proteção do aço contra a corrosão. O Zn fornece proteção ao aço de duas formas. Primeiro, o seu produto de corrosão é mais resistente à corrosão do que o aço na maioria das atmosferas naturais. O Zn oxida facilmente ao ar para formar uma película de óxido,resistente à corrosão, e que se transforma em hidróxido, quando ela é exposta à umidade ou à chuva.Durante a secagem, o hidróxido de Zn reage com o dióxido de carbono, na atmosfera, e é convertido em uma camada fina, compacta e aderente, denominada carbonato básico, que fornece proteção por barreira. Em segundo lugar, por ser anódico em relação ao Fe, oZn proporciona proteção galvânica ao aço exposto. Quando as superfícies revestidas com Zn são submetidas a danos mecânicos, de modo que o aço é exposto aos agentes de corrosão, o Zn é corroído lentamente, enquanto o aço é protegido [1]; [2].

Em atmosferas muito úmidas, especialmente aquelas com condensação periódica, o Zn se deteriora gradualmente, devido não haver condições paraa formação de carbonato. Por isso, diversos tipos de tratamentos de conversão têm sido desenvolvidos visando a sua passivação e, consequentemente, a melhoria da resistência à corrosão de aços galvanizados. Para tanto, os tratamentos de conversão à base de Cr hexavalente foram os pioneiros e mais amplamente empregados.

A Usiminas, uma empresa atenta às novas tendências do mercado, desenvolveu e incluiu em seu portfólio de produtos, o aço eletrogalvanizado (EG) com passivação à base de Cr trivalente, que possui características que atendem às regulamentações internacionais, tais como as Diretivas RoHS (*Restriction of Certain Hazardous Substances*) e ELV (*End of Life Vehicles*).O principal desafio desse desenvolvimento foi a obtenção de um pós-tratamento com as características adequadas ao aço EG. Além disso, foram necessárias adequaçõesna linha industrial para aplicação desse pós-tratamento.

Neste estudo são abordadas as características morfológicas do revestimento EG passivado, assim como o seu desempenho no que se refere à resistência à corrosão. Esse novo produto tem potencial para vasta aplicação nos setores de linha branca e deconstrução civil. A expectativa é que ele seja extensivamente utilizado em suportes de compressores, tampas de fundo de fogões, escadas, carrinhos de mão e outros componentes que não demandem pintura.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Materiais e Métodos

Para a realização do trabalho experimental foi amostrado, em escala industrial, um aço da qualidade ASTM A1008-CSA, eletrogalvanizado com 30 g/m$^2$ de Zn por face e passivado com solução à base de Cr trivalente, isenta de Cr hexavalente. Como referência para o teste de corrosão foi utilizado esse mesmo material sem qualquer tipo de passivação.

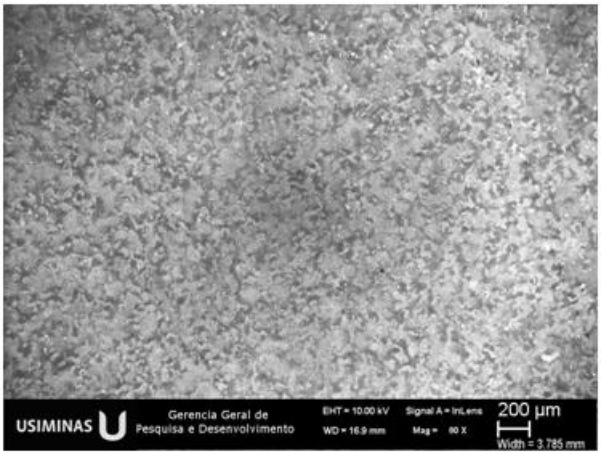
A caracterização da morfologia de superfície do revestimento EG passivado foirealizada por microscopia eletrônica de varredura com canhão de emissão por efeito de campo (FEG-MEV). A massa total de Cr e as concentrações de Cr, O, Zn e Fe, a partir da superfície e ao longo da espessura do revestimento, foramobtidas por espectroscopia de emissão óptica de descarga luminescente (GDOES).

A resistência à corrosão foi avaliada por meio de teste acelerado de corrosão por exposição em câmara de névoa salina, conforme a norma ABNT NBR 8094 [3].Os corpos de prova expostos foram avaliados quanto ao tempo para aparecimento do primeiro ponto de corrosão branca característica do Zn, assim como foi determinado o percentual de área com corrosão branca após 24 h, 48 h, 72 h e 96 horas.

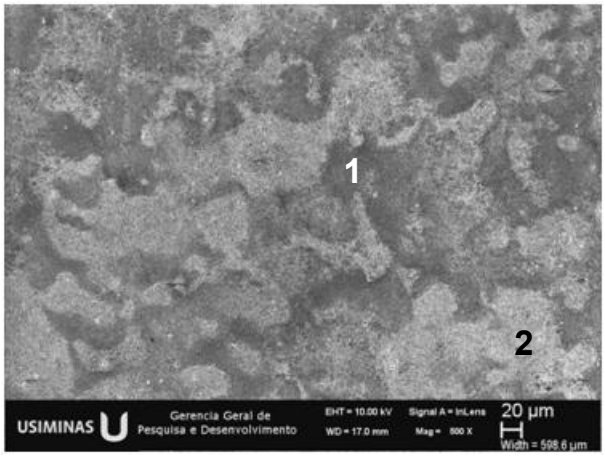
### 2.2 Resultados e Discussão

Na figura 1 são mostrados aspectos morfológicos da superfície do revestimento EG passivado com solução à base de Cr trivalente. Observa-se que o filme passivante é extremamente fino, já que ainda foi possível visualizar os cristais hexagonais de Zn, característicos dos aços eletrogalvanizados. Além disso, esse filme se distribui ao longo da superfície do revestimento EG na forma de regiões escuras e claras.

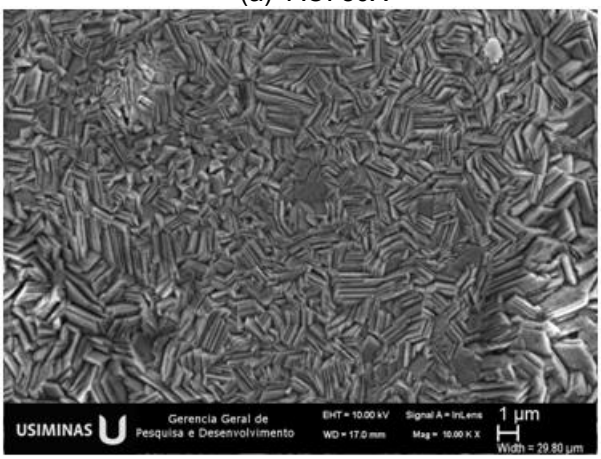
A massa total de Cr no revestimento EG passivado, obtida via GDOES, foi de (18,6 ± 1,3) mg/m$^2$. As concentrações de Cr, O, Zn e Fe, a partir da superfície e ao longo da espessura do revestimento, estão mostradas na figura 2. Verifica-se que os picos das concentrações de Cr e O ocorrem, aproximadamente, a 0,1 µm da superfície, indicando que a espessura do filme passivante é de ordem nanométrica e confirmando as observações feitas via FEG-MEV.



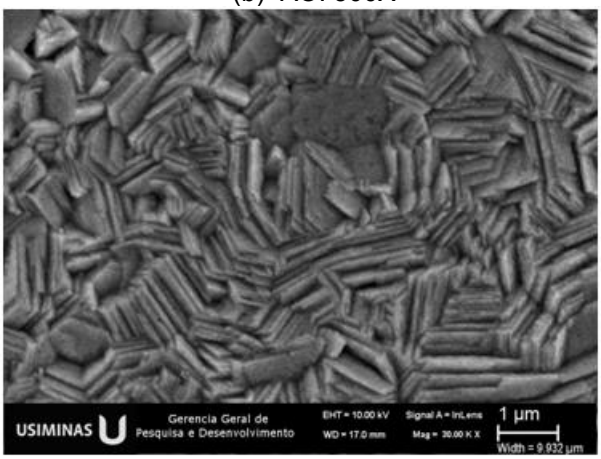

(a) AO: 80X



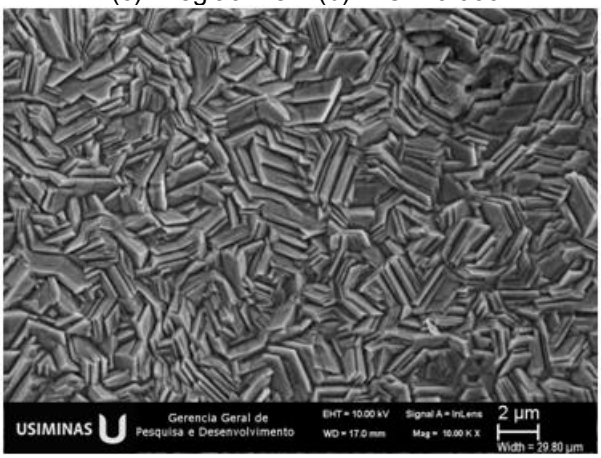

(b) AO: 500X



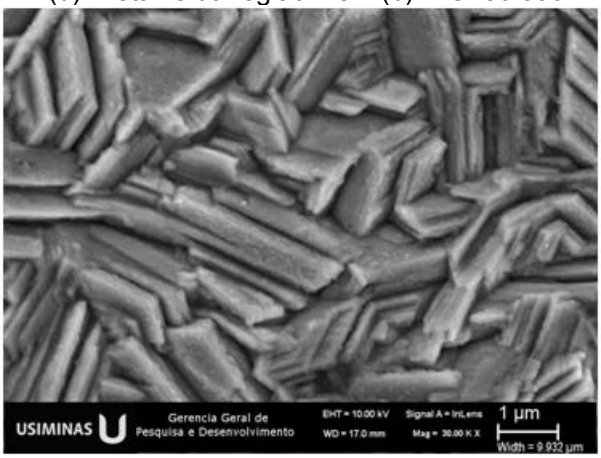

(c) Região 1 em (b)- AO: 10.000X




(d) Detalhe da região 1 em (b)- AO: 30.000X




(e) Região 2 em (b)- AO: 10.000X




(f) Detalhe da região 2 em (b)- AO: 30.000X

**Figura 1.**Aspectos morfológicos da superfície do revestimento EG passivado, via FEG-MEV. AO = aumento original.

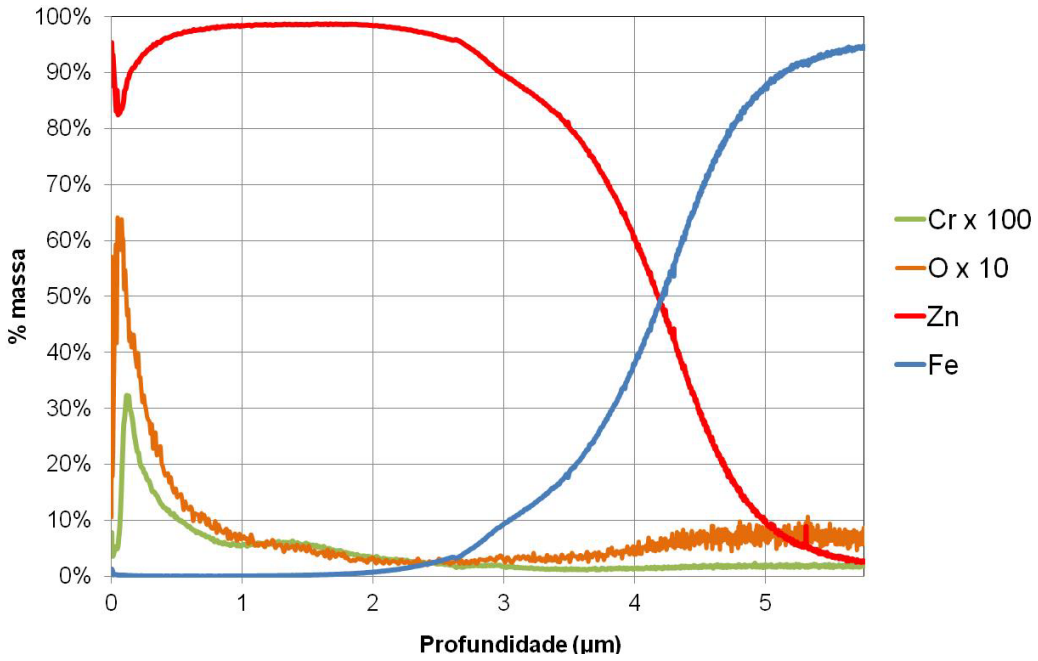


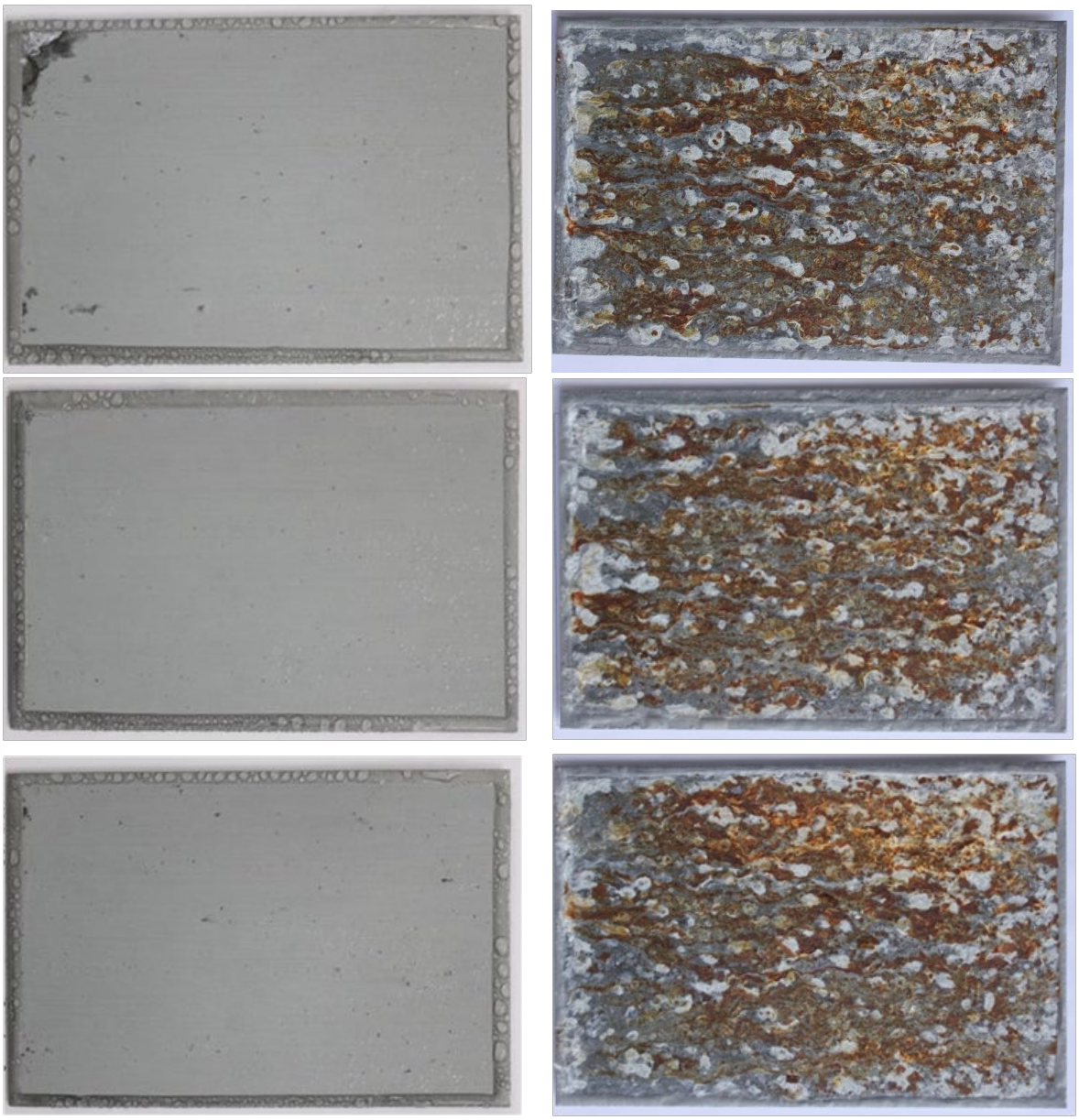

**Figura 2.**Concentrações de Cr, O, Zn e Fe a partir da superfície e ao longo da espessura do revestimento EG passivado, obtidas via GDOES.

Na tabela 1 são mostrados os percentuais de área com corrosão branca obtidos após 24 h, 48 h, 72 h e 96 h de exposição à névoa salina de corpos de prova dos aços EG com e sem passivação. O aço EG passivado apresentou o primeiro ponto de corrosão branca após 48 h. O percentual dessa corrosão ainda foi muito baixo (0,9%) mesmo após 72 h de teste. Normalmente, a especificação exigida pelos clientes para aços galvanizados e passivados com solução à base de Cr trivalente, isenta de Cr hexavalente, é de menos de 5% de área com corrosão branca após 48 h de exposição em câmara de névoa salina. Esses resultados comprovam a excelente proteção contra a corrosão fornecida pela passivação à base de Cr trivalente ao aço EG. No caso do aço não passivado, pontos de corrosão branca já foram observados após 6 h de teste e, após 24 h, toda a sua superfície apresentava-se coberta por essa corrosão.

**Tabela 1.** Área com corrosão branca após exposição em câmara de névoa salina

| Tempo de exposição (h) | Área com corrosão branca | |
|---|---|---|
| | EG passivado | EG não passivado |
| 24 | 0,0% | 100% |
| 48 | 0,5% | 100% |
| 72 | 0,9% | 100% |
| 96 | 5,4% | 100% |

Os aspectos doscorpos de prova expostos durante 48 h em câmara de névoa salina estão mostrados na figura 3, evidenciando os poucos pontos de corrosão branca apresentados pelo aço EG passivado e o avançado processo de corrosão, inclusive vermelha, nesse mesmo aço sem passivação.



(a) EG passivado (b) EG não passivado

**Figura 3.**Aspectos dos corpos de prova após 48 h de exposição em câmara de névoa salina.

## 3 CONCLUSÃO

No presente estudo foi avaliada uma passivação a base de Cr trivalente para o revestimento EG que atende aos requisitos das regulamentações internacionaisRoHS e ELV. Após essa passivaçãoo aço EG apresentou, aproximadamente, 18 mg/m$^2$ de Cr na superfície do revestimento de Zn. A caracterização morfológica da superfície do material mostrou que esse filme passivante possui espessura de ordem nanométrica e se distribui ao longo dos cristais hexagonais de Zn na forma de regiões escuras e claras.

O aço EG passivado apresentou excelente proteção contra a corrosão. Durante exposição em câmara de névoa salina, este material apresentou o primeiro ponto de corrosão branca somente após 48 h. Além disso, após 96 h de névoa salina, o percentual de área com corrosão branca em sua superfície foi próximo a 5%, atendendo às especificações de clientes que utilizam o aço EG na fabricação de componentes não pintados, nas indústrias da construção civil e de utilidades domésticas.

## REFERÊNCIAS

1 Higashi K, Fukushima H, Urakawa T. Mechanism of the electrodeposition of zinc alloys containing a small amount of cobalt. Journal Electrochemistry Society, Vol.128, nº 10, p. 2081, 1981.
2 Panossian Z. Propriedades do revestimento de zinco. Tratamento de Superfície, nº 95, p. 32-39, 1999.
3 NBR 8094 – Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1983.