

HALLIDAY, D. **Fundamentos de Física**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

HOUAISS, A. **Dicionário Eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Ed. Objetiva Ltda., 2009.

SENAI. **Noções de Tornearia**. Rio de Janeiro: Senai, 2007.

SENAI. **Processos mecânicos de usinagem**. São Paulo: Senai, 1998.

ANÁLISE EM AÇOS GALVANIZADOS A QUENTE COM BANHO DE ZINCO

Thaís Daniela Lima Gonçalves¹

Adriana Carvalho²

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise dos tipos de corrosão em aços galvanizados a quente com banho de zinco. O objetivo desse estudo é identificar parâmetros de influência na qualidade de revestimentos superficiais a base de zinco, baseados em normas

¹ Graduando em Tecnólogo em Fabricação Mecânica. E-mail: thaisllimag@gmail.com

² Titulação. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: thaisllimag@gmail.com

regulamentadoras demonstrando a sua importância na vida útil do material com relação a fenômenos de corrosão e nos custos industriais. A metodologia utilizada está embasada em uma revisão da literatura nas áreas de tratamentos superficiais de material, mais especificamente em aço e em experimentos como, medição da camada de zinco e.

Palavras-chave: Corrosão. Galvanização. Zinco.

ANALYSIS IN HOT GALVANIZED STEELS WITH ZINC BATH

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the types of corrosion in zinc plated hot dip galvanized steels. The objective of this study is to identify parameters of influence on the quality of zinc - based surface coatings, based on regulatory standards, demonstrating their importance in the useful life of the material in relation to corrosion phenomena and industrial costs. The methodology used is based on a literature review in the areas of surface treatments of material, more specifically in steel and in experiments. The aim of this study is to inspect the material after treatment by galvanizing companies that provide the service, and to show the result based on the regulatory standard.

Key-words: Corrosion. Galvanization. Zinc.

1. INTRODUÇÃO

Com o mercado muito competitivo as empresas buscam o aperfeiçoamento nos seus processos produtivos. A indústria metalúrgica consiste em um enorme leque de tipos de materiais acabados, a utilização do aço para estruturas sempre foi muito valorizada pelo simples fato de ser um tipo de material fácil de manusear e custo mais barato.

Atualmente as empresas que são as grandes consumidoras utilizam do aço como matéria prima são as indústrias que fabricam estruturas metálicas para companhias de energia e fabricantes de estruturas para construtoras na área de engenharia civil e fixadores. No entanto os projetos de linhas de transmissão e subestação de energia vêm sempre sendo modificado, criando normas regulamentadoras para garantir a qualidade do material, incluindo aos poucos os materiais à base de polímeros em suas estruturas.

Mesmo assim, o aço é o mais utilizado por ter um custo mais barato e é mais fácil de manusear. Transformando-o em qualquer componente de uma estrutura metálica. Aço é uma liga de ferro-carbono contendo geralmente 0,008% até aproximadamente 2,11% de

carbono, além de certos elementos residuais, resultante dos processos de fabricação. (CHIAVERINI, 1995)

O metal é um material muito resistente em si, porém os problemas com as intempéries são muito comuns em qualquer tipo de aço, sendo a corrosão o maior problema que ainda enfrenta-se nas estruturas metálicas. A corrosão pode ser considerada como um ataque gradual e contínuo de metal por parte do meio circunvizinho, que pode ser a atmosfera mais ou menos contaminada das cidades, ou em meio químico, líquido ou gasoso. Como resultado de reações químicas entre os metais e elementos não-metálicos contidos nesses meios, tem-se mudança gradual do metal num composto ou em vários compostos químicos, que são geralmente óxidos ou sais. (CHIAVERINI, 1995)

Mesmo sendo um processo espontâneo químico ou eletroquímico presente em nosso cotidiano. É comum perceber a existência da corrosão em metais, mas ela também pode acontecer em materiais não metálicos, concretos e polímeros. Uma das formas de prevenção de fenômenos da corrosão são os tratamentos superficiais, onde é feita uma camada de proteção no aço, entre eles destacam-se a pintura, galvanização a quente e a frio.

Com isso, a partir do estudo de tratamento superficial de materiais metálicos, foi-se atribuído um tipo revestimento de sacrifício e/ou catódica, onde o zinco ataca o metal base pelos poros expostos do material o tornando mais resistente.

Esse tipo de processo é conhecido como Galvanização a Quente, que consiste numa limpeza do aço em banhos químicos, e o revestimento metálico é aplicado pela imersão em um banho do metal líquido, dando assim uma camada protetora ao aço. Os materiais que recebem este tipo de revestimento são denominados galvanizados.

A galvanização a quente ganhou grande espaço no mercado das indústrias pelo simples fato de ser uma necessidade. Com a corrosão, muitas estruturas tinham pouco tempo de vida e com isso era necessário a troca com maior frequência da peça. Em conjunto, elevando o custo para a empresa e diminuindo seu lucro.

Este estudo aborda o problema encontrado em estruturas em subestações de energia influenciado pelas intempéries do dia-a-dia. A galvanização a quente com banho de zinco foi um método encontrado para resolver os problemas com a corrosão, dando

mais vida útil ao aço, logo diminuindo o tempo de troca das estruturas e o custo para empresa.

O objetivo deste trabalho é identificar parâmetros de influência na qualidade de revestimentos superficiais a base de zinco, baseados em normas regulamentadoras demonstrando a sua importância na vida útil do material com relação a fenômenos de corrosão e nos custos industriais; através, da inspeção do material após o tratamento feito por empresas galvanizadoras que fornecem este tipo de serviço; evidenciando os resultados baseando-se na norma regulamentadora.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 LIGAS FERROSAS

As ligas ferrosas são metais que contêm uma grande porcentagem de ferro em sua composição. São materiais usados em vários ramos da indústria, como energia. Por serem materiais amplamente versáteis, no sentido de que podem ser adaptados a uma variedade de propriedades mecânicas e físicas. A grande desvantagem é o fenômeno da corrosão, que acaba perdendo as suas propriedades.

O aço é uma liga de ferro e carbono, onde a porcentagem de carbono com um teor maior é 1,2%. Porém, o aço utilizado na indústria atualmente não passa de 0,5%. Fazem parte também da liga o silício, manganês. O enxofre e o fósforo são impurezas e não devem conter mais 0,5% destes componentes na liga. O aço carbono é extraído a partir de minérios de ferro em alto-fornos, originalmente do gusa.

Os metais em sua forma pura ou em ligas são usados em vários ramos da indústria, incluindo-se aeroespacial, biomédica, semicondutores, eletrônica, energia, construção civil e transportes. (SMITH, 2012)

2.2 CORROSÃO


Universalmente a corrosão é definida como uma deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada. A corrosão é um processo espontâneo causado entre o material e o seu meio operacional, causando alterações prejudiciais indesejáveis, tais como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais, tornando-o inadequado para o uso. (GENTIL, 2007)


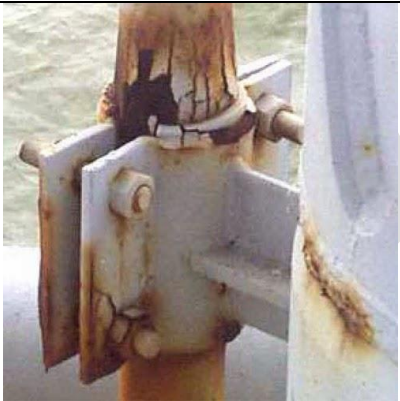


De acordo com o meio corrosivo que o material esteja exposto, podem-se apresentar diferentes mecanismos de corrosão: químico e eletroquímico.

A corrosão química é uma reação direta no material metálico, ou não metálico. O meio não há geração de corrente elétrica. Sendo assim, a corrosão é causada pela elevada temperatura de gases, vapores ou ausência de umidade.

A corrosão eletroquímica é o processo que ocorre envolvendo a transferência de elétrons, portanto são reações anódicas e catódicas (reações de oxidação e redução). O material deve estar em contato com o solo, água, atmosfera e sais, no quadro 1, destacam-se alguns tipos de corrosão e aspecto visual na superfície do material.

Quadro 1 – Tipos de Corrosão

TIPO	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
Corrosão Uniforme	É uma corrosão que se estende por toda superfície do material, perdendo uniformemente a espessura.	 <p>Fonte: http://www.tsambientali.com.br/tipos-de-corrosao-saiba-como-diferenciar-cada-processo-corrosivo/</p>

<p>Corrosão por Pite</p>	<p>É caracterizado visualmente pela formação de pequenas cavidades e de profundidade tanto quanto considerável na localização da corrosão.</p>	 <p>Fonte: http://wwwo.metalica.com.br/corrosao-em-estruturas-metalicas</p>
<p>Corrosão por Frestas</p>	<p>Quando há uma fresta com o tamanho suficiente para permitir a entrada de um líquido, ou em materiais que recebem um tratamento de proteção na superfície, possível para manter esse líquido estancado, já é o suficiente para que inicie a corrosão.</p>	 <p>Fonte: http://inspecaoequipto.blogspot.com/2014/01/caso-055-corrosao-por-fresta-em.html</p>
<p>Corrosão Galvânica</p>	<p>Ocorre quando diferentes tipos de materiais estão submersos em uma mesma solução corrosiva. Não ocorre somente nesse tipo de solução, mas também em ambientes úmidos.</p>	 <p>Fonte: http://wwwo.metalica.com.br/corrosao-em-estruturas-metalicas</p>
<p>Corrosão Atmosférica</p>	<p>A sua intensidade vai depender das suas condições climáticas, ou seja, dos climas presentes em cada região como clima seco, clima tropical chuvoso, clima úmido, clima das regiões costeiras onde as partículas de água salgada transportadas</p>	

	pelo ar aceleram a ação corrosiva.	Fonte: http://www.abraco.org.br/intercorr2008/premiacao_concurso_foto.htm
--	------------------------------------	---

Fonte: Elaborado pela autora (2018)

A corrosão de metais pode ser considerada uma extração metalúrgica reversa. As maiorias dos metais que existe na natureza, estão combinados, por exemplo, em forma de óxidos, sulfitos, carbonatos ou silicatos. (SMITH, 2012)

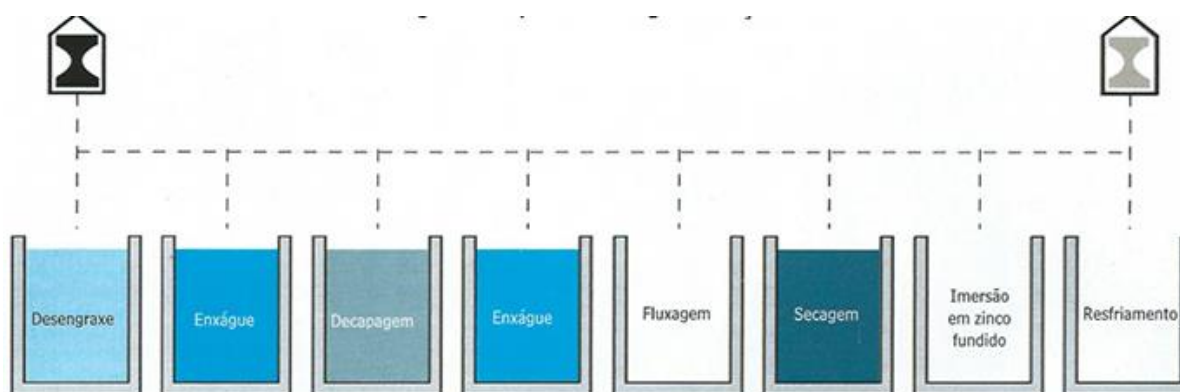
2.3 PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO: REVESTIMENTOS

O material metálico que está submetido ao ataque corrosivo, é indispensável um revestimento superficial. O revestimento também atua como um aspecto decorativo, porém eventualmente, é para aumentar sua resistência ao desgaste. Neste caso, a aderência do metal fundido ao material depende muito do preparo prévio da superfície, onde é feito uma limpeza tornando a superfície livre de ferrugem e sujeira geral.

As impurezas presentes nas superfícies metálicas podem ser do tipo oleoso, como óleos minerais, óleos graxos, emulsões, óleo-graxa, óleos utilizados nos processos de conformação mecânica do tipo: semi-sólido, como parafina, graxas, ceras, sabões etc.; do tipo sólido como resíduos carbonáceos, casca de óxido etc. (CHIAVERINI, 1995)

O preparo da superfície metálica é primordial para a qualidade final do revestimento galvanizado obtido após a etapa de imersão na cuba de zinco. O processo divide-se em quatro etapas: desengraxe, decapagem, fluxagem e secagem, além dos tanques de lavagem que impedem que o tanque anterior venha contaminar os tanques subsequentes, demonstrado pela figura 1.

Figura 01 – Fluxograma do processo de galvanização



Fonte:

Instituto de Metais Não Ferrosos¹

No processo inicial tem-se o desengraxe, que consiste na remoção de impurezas por meio de solventes, entre os quais podem ser citados derivados de petróleo, derivados de carvão incombustíveis (como hidrocarbonetos clorados) etc. As modalidades de sua aplicação levam aos processos de desengraxamento por vapor, desengraxamento associado a um jato de solvente, desengraxamento associado à imersão a quente e vapor e desengraxamento líquido-vapor. (CHIAVERINI, 1995)

Também é possível após o enxague realizar a decapagem ácida, processo de ação química utilizada para remoção de casca de óxido, hidróxidos, sulfetos. Na decapagem ácida é utilizado os seguintes ácidos inorgânicos: ácido sulfúrico comercial, de concentração de 5 a 25% (temperatura de 60 a 80°C); ácido clorídrico comercial (muriático) em concentração de 25 a 50% (em temperatura ambiente); ácido fosfórico comercial com concentração de 15 a 40% (temperatura de 50 a 80°C), as concentrações mais comuns são de 15 a 30% a temperatura de 60°C. Ácido nítrico; ácido fluorídrico. (CHIAVERINI, 1995)

Depois da decapagem, é realizado novamente um enxague, na sequência do processo realiza a fluxagem que o processo consiste em mergulhar o material sob uma composição, o que gera uma fina película que dissolve traços de sais e de óxido de ferro da superfície do aço. No momento da imersão na cuba, a película sublima-se retirando com ela as impurezas. Esse procedimento é chamado de processo seco, em que as peças são imersas em solução aquosa de cloretos de zinco e amônio. (CHIAVERINI, 1995)

¹ Disponível em: <http://www.icz.org.br/noticias-detahes.php?cod=4817>. Acesso em

E para finalizar o processo, a secagem consiste no preparo que finaliza-se com um pré-aquecimento em que as peças são depositadas em uma estufa com a temperatura de aproximadamente 120°C. A secagem possibilita a melhoria no rendimento da galvanização a quente, pois vaporiza a água da solução fluxante e evita choque térmicos, que ocasiona estouros no momento em que ocorre a imersão. Esses choques geram desperdício de zinco. (CHIAVERINI, 1995)

2.5 GALVANIZAÇÃO A QUENTE

Nesta técnica, as peças a serem protegidas são mergulhadas num banho de metal protetor fundido. É empregada principalmente para revestir objetos de ferro ou aço com zinco. (CHIAVERINI, 1995)

A partir da imersão do material (aço) a um metal fundido (zinco), cria-se uma camada de proteção resistente a corrosão dando mais vida útil ao material. A espessura da camada depende da temperatura do zinco e do tempo do que o material ficará imerso. Forma-se a camada mais rápido quando se tem uma temperatura elevada, aumentando, então a espessura conforme o tempo submerso.

A temperatura seguida da norma regulamentadora é de 440-480°C. Deixando a temperatura do zinco maior que isso há uma grande perda do metal fundido, fazendo que ele ataque as paredes da cuba, aonde é depositado, que é constituída de aço. E também um gasto de energia desnecessária para manter a temperatura indesejável. Pode também ocasionar em formação de borra na parte superior, onde 96% é zinco e 4% de ferro, considerável uma perda muito significativa.

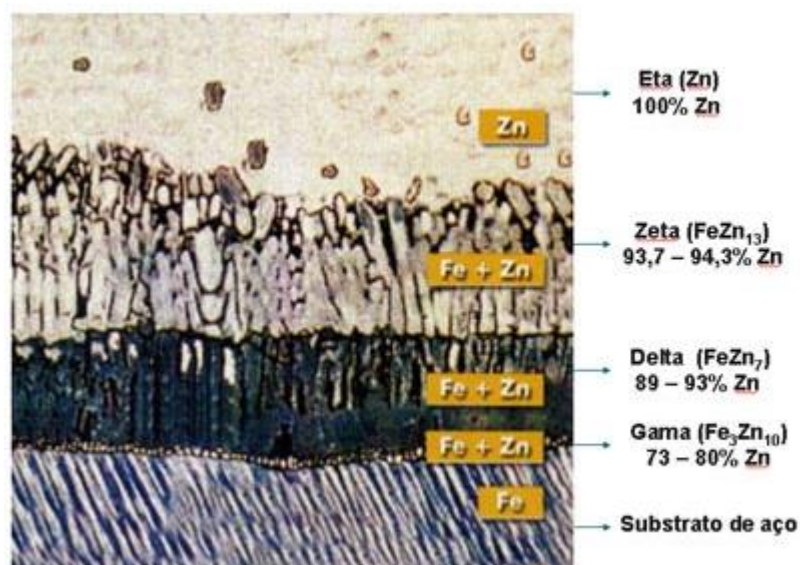
O tempo imerso do material é muito importante. Normalmente fica-se imergido de 6 a 7 m/minutos, depois disso já é considerada uma perda de metal. Além disso, a espessura agregada no material será prejudicial e exagerada.

A velocidade e o método de retirada da peça do banho também afeta na espessura da camada. Onde, ser for muito rápida, será agregada uma camada muito espessa de zinco puro, e também uma variação na película da espessura.

17/09/2018.

A galvanização a quente é utilizada mundialmente, por cumprir uma boa resistência a corrosão. É muito usada em indústria de metalúrgica, aonde seus produtos são submetidos a intempéries do clima, e também agrega-se valor ao seu produto acabado. Sendo que para cada tipo de produto há um limite de espessura aceitável, também regulamentada por uma norma. Essa espessura é variável de 305 e 610 g/m². (1 g/m² = 0,143 μm). A figura 2 ilustra as camadas e fases do revestimento.

Figura 02 – Camadas e Fases do Revestimento



Fonte: Instituto de Metais Não Ferrosos¹

As três primeiras fases são formadas devido a reação entre o zinco fundido e o aço, chamadas de fases intermediárias. Esta reação pode continuar após e retirada do aço de dentro da cuba, se a velocidade de resfriamento for baixa. A última fase, denominada ETA (de zinco puro) é formada pela solidificação do zinco fundido aderido à peça por arraste.

Esses revestimentos apresentam os melhores resultados em atmosfera de campo, onde o ar é menos poluído. Em atmosfera marítima, são relativamente satisfatórios. São, entretanto, mais rapidamente atacados em atmosferas industriais altamente ácidas, mas mesmo assim são intensamente aplicados nessas atmosferas, pois ainda não se encontrou um método substituto tão eficiente e econômico quanto o da galvanização.

¹ Disponível em: <http://www.icz.org.br/fluxograma-de-um-processo-de-galvanizacao-a-fogo.php>. Acesso em: 17/08/2018.

Pode-se, em alguns casos, melhorar a resistência à corrosão dos revestimentos galvanizados pela aplicação de uma pintura resistente a ácidos. (CHIAVERINI, 1995)

2.7 NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA (NBR) 6323

Esta Norma estabelece os requisitos para a galvanização por imersão a quente de produtos de aço. Como a espessura mínima e máxima que o material pode receber. A porcentagem correta de cada composição que constitui o material metálico líquido, neste caso o zinco.

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada para o desenvolvimento deste trabalho é uma pesquisa bibliográfica nas áreas de corrosão, revestimentos metálicos, materiais metálicos e contará com a realização de experimentos. O experimento foi de baixo custo, onde o perfil foi preparado com a furação nas pontas para que pudessem pendurar no gancho e mergulhar a peça, e enviado para a galvanização que fica localizada na cidade de Joinville-Sc.

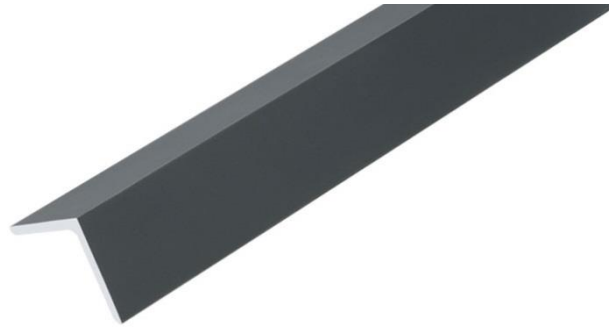
As principais variáveis do processo que foram analisadas são:

- Armazenamento: abrigada e não-abrigada;
- Tempo da peça na cuba de decapagem;
- Tempo da peça na cuba de zincagem;
- Velocidade de saída na cuba de zincagem.

3.1 Material

O material utilizado para o estudo foi o AÇO SAE 1010/1020, do tipo de perfil “L” tecnicamente é um perfil estrutural, sendo este uma cantoneira. A figura 03 mostra um modelo deste perfil.

Figura 03: Perfil “L”



Fonte: Gerdau¹

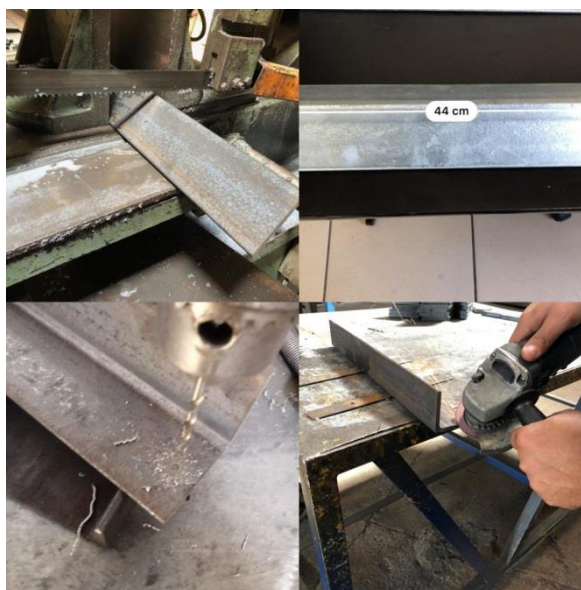
O material é um tipo de aço que contém baixo teor de carbono, com isso o fenômeno da corrosão é mais frequente neste tipo de aço. É também um tipo de aço mais utilizado pelas indústrias por ser mais fácil de encontrar e um custo favorável.

3.2 Preparação da Superfície dos Corpos de Prova

Os corpos de prova no formato do perfil “L” têm 430mm de comprimento, passaram pelos processos de usinagem como corte, dimensionamento, furação e rebarbação, como mostra a figura 04.

Figura 04: Processos

¹ Disponível em: <https://www.gerdau.com/br/pt/produtos/cantoneira-gerdau#ad-image-0>. Acesso em 13/08/2018.



Fonte: Gerdau¹

Esses tipos de processos são muito comuns no dia-a-dia industrial, não interfere em nenhum aspecto e resultado na qualidade do material.

3.3 Revestimentos

Serão definidos três tipos de fornecedores de galvanização no norte do Paraná, no qual serão submetidos corpos de prova para serem galvanizados. Também serão feitos revestimentos em corpos de provas no laboratório da Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. Tanto as amostras terceirizadas quanto as feitas internamente serão do mesmo material e dimensão, tendo por objetivo a realização de análises dos revestimentos de zinco que tem grande importância de proteção e é eficaz no aço.

3.4 Análises dos Corpos de Prova

Os equipamentos utilizados para as análises foram, medidor de espessura de camada da marca minipa, e o microscópio digital.

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Foram estabelecidas algumas variáveis de grande importância no processo de galvanização que a partir delas compromete a qualidade do serviço no material, colocadas no quadro 02. Nas peças foram verificados o acabamento superficial e a da camada de zinco, e uma imagem microscopicamente da parte superficial como é o aço antes e depois da galvanização, como mostram as figuras 05, 06 e 07.

RESULTADO ANÁLISE CORPOS DE PROVA
Material: Cantoneira (aço 1010/1020) 2" x 2" x 5/16" x 430mm
Variáveis a serem analisadas: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de armazenamento: abrigada / não abrigada - Tempo da peça na cuba de decapagem: tempo (empresa) / 20 minutos a mais do tempo - Tempo da peça na cuba de zincagem: tempo (empresa) / 2 minutos a mais do tempo - Velocidade de saída na cuba de zincagem: constante / inconstante
PEÇA 1: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de armazenamento: abrigada - Tempo da peça na cuba de decapagem: tempo (empresa) - Tempo da peça na cuba de zincagem: tempo (empresa) - Velocidade de saída na cuba de zincagem: constante
PEÇA 2: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo de armazenamento: não abrigada - Tempo da peça na cuba de decapagem: 20 minutos a mais do tempo da empresa - Tempo da peça na cuba de zincagem: 2 minutos a mais do tempo da empresa - Velocidade de saída na cuba de zincagem: inconstante
Obs: <ul style="list-style-type: none"> 1. Tempo que a PEÇA 1 e PEÇA 2 ficaram na cuba de decapagem:

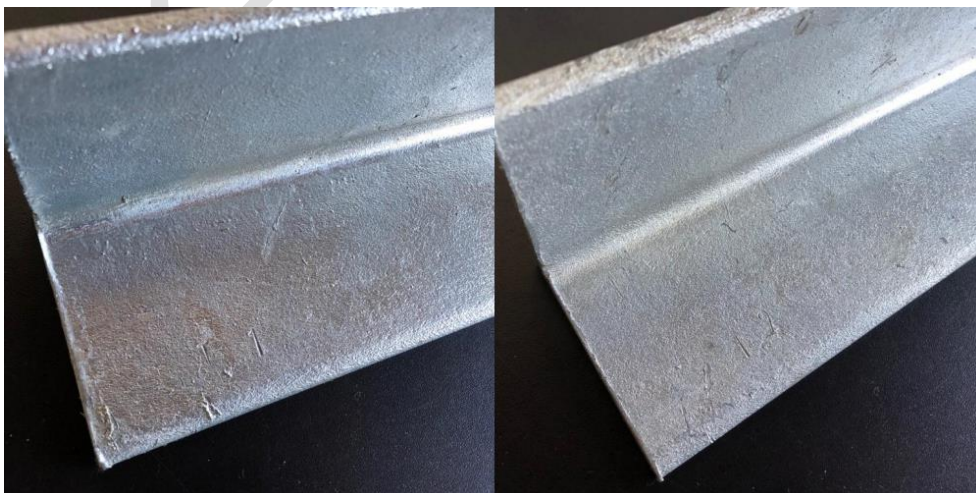
¹ Disponível em: <https://www.gerdau.com/br/pt/produtos/cantoneira-gerdau#ad-image-0>. Acesso em 13/08/2018.

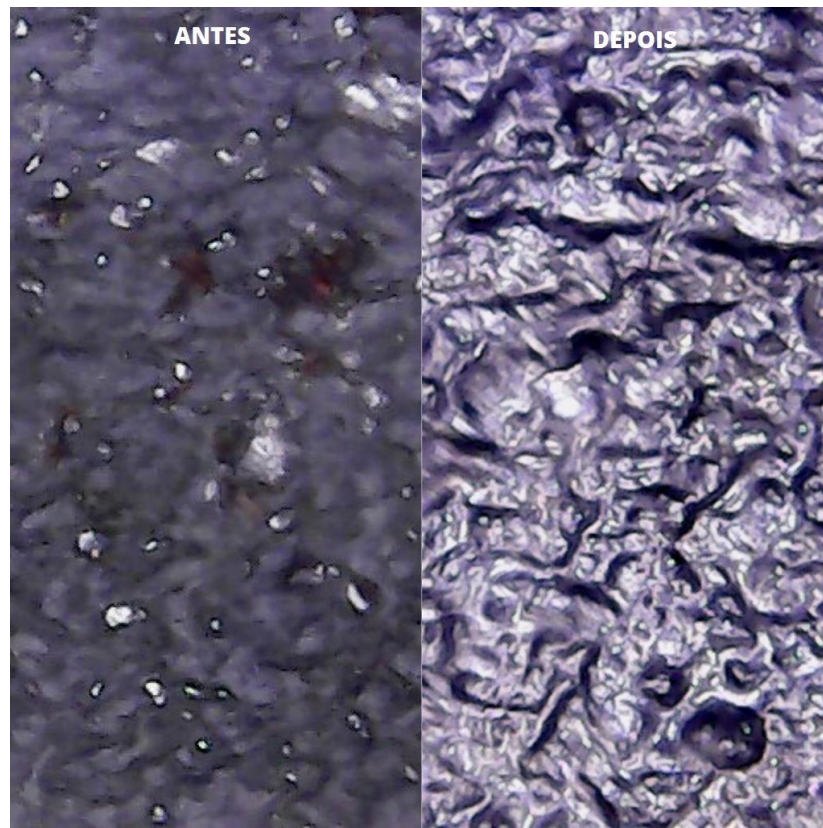
- PEÇA 1: 1 hora
PEÇA 2: 1 hora e 20 minutos
2. Tempo que PEÇA 1 e PEÇA 2 ficaram na cuba de zincagem:
PEÇA 1: 6 minutos
PEÇA 2: 8 minutos

Figura 05: Verificação camada de zinco



Figura 06: Imagem microscópica (antes e depois)





Nota-se que superficialmente as amostras são iguais, os corpos de provas têm a mesma coloração. Porém, quando se faz a medida da camada de zinco é expressiva a diferença, medindo-se em microns.

Já na imagem com o zoom na peça, no antes já é notado alguns focos de princípios de galvanização, podendo a partir destes focos a corrosão de alastrar pelo restante da peça. No depois, é notável a camada de zinco protegendo a peça, com nenhum foco de corrosão.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A galvanoplastia realizada foi para evidenciar que os parâmetros que influênciam na qualidade do revestimento são fatores muito importantes no processo. O tempo suficiente para obter êxito no processo é de referência da PEÇA 1, onde o zinco agregado é o suficiente para proteger da corrosão, para esse tamanho de peça.

O tempo da PEÇA 2 é considerado um exagero, pois o zinco agregado a mais do necessário, acaba saindo como perca de matéria prima, gerando um gasto de produção não programado.

É de suma importância se atentar para as variáveis estudadas, tornam o processo mais correto e confiável, gerando aos clientes uma satisfação no trabalho realizado.

REFERÊNCIAS

BUZZONI, H. A. **Galvanoplastia**. 2º edição. São Paulo. Ícone, 1991.

CALLISTER, William D. – **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CHIAVERINI, Vicente – **Tecnologia mecânica**. 2ª edição. São Paulo: McGraw, 1995.

GENTIL, Vicente – **Corrosão**. 5º edição. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

SMITH, William F. – **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais**. 5ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2012.

CHIAVERINI, Vicente – **Tratamento térmico das ligas metálicas**. São Paulo, 2008.