

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Lucas Emmel Lopes

**ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DA ZINCAGEM NA FUSÃO DOS PONTOS DE
SOLDA CONTRA A CORROSÃO NA TELA SOLDADA GALVANIZADA.**

Santa Cruz do Sul
2018

Lucas Emmel Lopes

**ESTUDO SOBRE A QUALIDADE DA ZINCAGEM NA FUSÃO DOS PONTOS DE
SOLDA CONTRA A CORROSÃO NA TELA SOLDADA GALVANIZADA.**

Este trabalho de conclusão foi apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

M. Sc. Marco Pozzobon
Professor Orientador - UNISC

Santa Cruz do Sul
2018

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos que sempre me apoiaram e incentivaram, estando ao meu lado mesmo nos momentos mais difíceis desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Deixo aqui meu agradecimento à minha família que por todos esses anos acreditou que conquistaria o sonho de me formar engenheiro civil, apoiando financeira e emocionalmente, dando incentivos diários para que não desistisse deste sonho. Ao meu pai, Jorge Lopes por ter me incentivado e motivado a cursar Engenharia, à minha mãe Raquel Emmel Lopes que me ajudou a fazer a inscrição no vestibular e ficou do meu lado quando tropecei no início do curso querendo desistir de tudo, à minha irmã Débora Emmel Lopes Hermes, que por muitas vezes cobriu meus horários na empresa para que eu pudesse estudar para provas, fazer trabalhos e assim me formar. Aos meus dois irmãos, Mateus Emmel Lopes e Álan Emmel Lopes, os quais tinha a obrigação de ser o exemplo e mostrar que podemos chegar aonde queremos e que bastando dedicação e comprometimento conseguimos ir mais longe do que jamais imaginamos.

Aos meus colaboradores e colegas de trabalho que diariamente, cumprindo com suas funções, que direta ou indiretamente me ajudaram a conquistar esse título, muitas vezes me fazendo enxergar os problemas de uma forma divertida e pelos quais continuei buscando conhecimento para melhorar e aprimorar o ambiente de trabalho para todos.

As laboratoristas do LACOR, Jane, Regina, Sabrina e Larissa, que me auxiliaram com os ensaios na câmara de névoa salina de forma totalmente voluntária, visando apenas os estudos, sanando minhas dúvidas e agregando conhecimento, o qual levarei por toda minha vida profissional.

Ao meu Orientador que incentivou esta ideia louca de fazer um trabalho de conclusão de curso, mesmo não tendo os equipamentos necessários nos laboratórios da universidade, acreditando no meu potencial, auxiliando e ajudando quando necessário sem hesitação.

Aos engenheiros e técnicos da Siderúrgica Gerdau em especial o Evandro Krummenauer, que forneceu dados técnicos e informações pessoais sobre métodos e funcionamento dos processos de galvanização.

E por fim, a todos os meus colegas e amigos da faculdade, que por muitas vezes estiveram comigo me ajudando, ensinando e ouvindo meus lamentos quando a tensão, ansiedade e dificuldade tomavam forma nas disciplinas.

Escolha sempre o caminho que pareça o melhor, mesmo que seja o mais difícil; o hábito brevemente o tornará fácil e agradável.

(PITÁGORAS)

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a pesquisa e entendimento da corrosão nos pontos de solda da tela soldada galvanizada, fazendo um comparativo com as telas no fio de camada leve, com a tela mista (um fio com galvanização leve e outro com galvanização pesada) e a tela com o fio de camada pesada, testando a durabilidade frente às intempéries do tempo, acelerado pelo ensaio de névoa salina (*salt spray*), especificadamente nos pontos de solda, onde o aço é exposto após a agressão da solda.

Além dos testes de névoa salina, serão medidas as camadas de galvanização dos produtos com o medidor de camada galvânica, e apresentado as normas para possíveis ensaios para aferição da qualidade dos arames galvanizados.

Posteriormente é feito um comparativo com os resultados de desempenho obtidos na câmara de névoa salina com os custos dos arames galvanizados que compõem as telas soldadas, verificando a viabilidade de ganhos para os clientes ao optarem por um produto com uma menor ou maior galvanização em relação ao custo benefício.

Palavras chave: Ponto de solda, Galvanização, Névoa salina (*salt spray*).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema atômico do aço	20
Figura 2 - Fluxograma da Classificação dos Aços	22
Figura 3 - Ciclo do Aço (metal)	23
Figura 4 - Classificação da Corrosão No Brasil.....	25
Figura 5 - Esquema da galvanização eletrolítica.....	27
Figura 6 - Esquematização da Galvanização a quente.	28
Figura 7 - Distribuição das camadas de revestimentos	29
Figura 8 - Ponto de incisão.....	31
Figura 9 - Ilustração da câmara de névoa salina (salt spray)	34
Figura 10 - Fluxograma das etapas a serem desenvolvidas	37
Figura 11 - Ponto de solda enferrujando no rolo.....	39
Figura 12 - Medidor de Espessura de Camada Galvânica	41
Figura 13 - Amostra Tela Soldada 1,90mm (malha 5x10cm).....	44
Figura 14 - Amostra Tela soldada 2,30mm (Malha 5x15cm).....	44
Figura 15 - Corrosão branca.....	46
Figura 16 - Corrosão ponto de solda a 96hrs fio 1,90mm camada leve.....	47
Figura 17 - Corrosão no ponto de solda a 96hrs fio 2,30mm camada leve.....	48
Figura 18 - Corrosão no ponto de Solda a 168hrs fio 1,90mm camada leve	48
Figura 19 - corrosão no ponto de Solda a 168hrs fio 2,30mm camada leve	49
Figura 20 - Corrosão vermelha a 48hrs no fio da tela 1,90mm camada leve.....	50
Figura 21 - Corrosão no ponto de solda a 168hrs fio 1,90mm camada mista.....	50
Figura 22 - Corrosão vermelha a 384hrs no fio da tela 1,90mm camada pesada	51
Figura 23 - Corrosão vermelha a 408hrs no fio da tela 2,30mm camada pesada	52
Figura 24 - Medição da camada galvânica fio 2,30mm leve retrefilado.....	53
Figura 25 - Gráfico de relação da durabilidade na câmara de névoa salina (<i>Salt Spray</i>) entre as telas soldadas produzidas com o fio 1,90mm.....	57
Figura 26 - Gráfico de relação da durabilidade na Câmara de névoa salina (salt spray) entre as telas soldadas produzidas com o fio 2,30mm.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Introdução do aço no Brasil	18
Tabela 2 - Classificação da Corrosão.....	24
Tabela 3 - Consumo de zinco conforme a classificação da corrosão.....	24
Tabela 4 - Massa mínima da camada de zinco.....	30
Tabela 5 - Resistência à tração e tolerância no diâmetro	30
Tabela 6 - Diâmetro do Mandril para o ensaio de enrolamento.....	31
Tabela 7 - Comprimento dos corpos de prova dos fios de aço galvanizados	40
Tabela 8– Medições das camadas galvânicas	55
Tabela 9 – Relação de custos dos materiais	56

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
PVC	Poli cloreto de Vinila
FEM	Fábrica de Estruturas Metálicas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande Do Sul
UNISC	Universidade de Santa Cruz do Sul
LACOR	Laboratório de Corrosão

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Alfa
η	Eta
ζ	Zeta
Γ	Gama
δ	Delta
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro Cúbico
cm	Centímetro
cm ³	Centímetro Cúbico
mm	Milímetro
mm ²	Milímetro quadrado
μm	Micrómetro
MPa	Mega pascal
kPa	Quilo pascal
Kgf	Quilograma força
kg	Quilograma
g	Grama
S	Enxofre
Cl	Cloreto
Fe	Ferro
Zn	Zinco
O	Oxigênio
H	Hidrogênio
°C	Graus Celsius
<	Menor que
>	Maior que
$\pm$	Mais ou Menos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Área de estudo	13
1.2 Delimitação do tema.....	13
1.3 Justificativa.....	13
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 Objetivo geral	14
1.4.2 Objetivos Específicos	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1. O Aço.....	17
2.1.1 O Aço no Brasil	17
2.1.2 Apresentação do Aço.....	19
2.1.3 Propriedades e Caracterização dos Aços	20
2.2 Galvanização do Aço.....	23
2.2.1 Corrosão do Aço.....	23
2.2.2 Galvanização	25
2.3 Arame Galvanizado	29
2.3.1 Ensaios Para Verificação da Aderência do Zinco nos Arames Galvanizados.....	30
2.3.2 Ensaios Para Determinação da Massa de Zinco do Revestimento nos Arames Galvanizados	32
2.4 Ensaio de Névoa Salina (Salt Spray).....	33
2.5. Corrosão do Zinco	34
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 Classificação da Pesquisa	36
3.2 Delineamento da Pesquisa	36
3.3 Delimitações	38
3.4 Técnicas e Instrumentos de Coleta de Dados	39
3.4.1 Determinação da Massa de Revestimento da Galvanização	39
3.4.2 Determinação da Aderência do Revestimento do Zinco	42
3.4.3 Ensaio de Névoa Salina (Salt Spray).....	42
3.5 Técnicas e Instrumentos de Coleta de Dados	45
4.0 RESULTADOS E ANÁLISE.....	46
4.1 Câmara de Névoa salina	46
4.2 Camada de Galvanização.....	52

4.3 Análises de Valores versus Qualidade	55
5 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXOS.....	63
ANEXO 1: Ficha de ensaio do Laboratório LACOR página 1	64
ANEXO 2: Ficha de ensaio do Laboratório LACOR página 2	65
ANEXO 3: Ficha de ensaio do Laboratório LACOR página 3	66
ANEXO 4: Ficha de ensaio do Laboratório LACOR página 4	67
ANEXO 5: Controle de qualidade empresa A.....	68
ANEXO 6: Controle de qualidade empresa A.....	69
ANEXO 7: Controle de qualidade empresa B para arames camada leve de galvanização	70
ANEXO 8: Controle de qualidade empresa B para arames camada leve de galvanização	71
ANEXO 9: Controle de qualidade empresa B para arames camada pesada de galvanização ..	72
ANEXO 10: Controle de qualidade empresa B para arames camada pesada de galvanização	73

1 INTRODUÇÃO

A importância da propriedade privada no século XXI começou há não muito tempo, dados sugerem que começou com a invenção do arame farpado no ano de 1876 quando um vendedor chamado John Warne Gates construía um curral para mostrar a maior invenção da época, o arame farpado, o qual mencionava ser “mais leve que o ar, mais forte que uísque e mais barato que poeira”, naquele instante, começa o cercamento das propriedades (BBC News 10/07/2017).

O arame farpado foi inventado para demarcar as propriedades rurais, para tanto Abraham Lincoln sancionava em 1862 a lei que qualquer cidadão, incluindo mulheres e escravos libertados, tinha direito à posse de uma propriedade de até 160 hectares nos territórios do oeste do país, desde que construíssem uma casa e cultivassem a terra por um período mínimo de cinco anos, na teoria muito simples, mas na prática era muito complicado uma vez que a região era apta para a vida nômade, sem contar que as terras pertenciam aos povos indígenas, e as grandes e extensas pradarias eram usadas por vaqueiros como pastagens para alimentar o gado (BBC News 10/07/2017).

Para os novos colonos, ter cercas era fundamental para evitar que o gado destruísse suas plantações, e como não havia muita madeira disponível para a construção das cercas, o farpado foi a solução, portanto, as farpas conseguiram colocar a Lei de Propriedade Rural em prática. Antes da lei mencionada acima era incomum o cercamento das áreas por ser pouco viável cercar um local extenso e vazio (BBC News 10/07/2017).

Hoje em dia como a grande maioria das economias se baseia na propriedade privada, o conceito legal de que quase tudo tem dono, as economias modernas também partem da ideia de que a propriedade privada é algo bom, pois incentiva as pessoas e empresas a investir e melhorar aquilo que é seu. Sendo assim, a forma como o arame farpado transformou o velho oeste é também a história de como os direitos de propriedade mudaram o mundo. (BBC News 10/07/2017).

Desde então as inovações no mercado de arames e telas vem se expandindo. Com a criação do arame liso ovalado para cercamentos do gado e de extensões rurais, com o objetivo da demarcação das divisas, torna-se mais barato e fácil o cercamento rural. Ainda tem o benefício de não machucar o gado

Devido à alta criminalidade, na zona urbana, e também com as constantes expansões dos centros, com frequentes loteamentos, a cerca é vista como a solução ideal. Esta evita conflitos com os vizinhos, uma vez que delimita o lote e transfere as medidas do papel para a visualização na prática, criando assim uma sensação de segurança com o terreno cercado que dá aos seus

ocupantes. Há ainda a possibilidade de colocar animais de pequeno porte, como cães e/ou gatos sem que os mesmos perturbem os vizinhos, que cada dia estão mais próximos um do outro, devido a alta valorização das terras urbanas, tornando cada vez mais segmentado e menor os espaços de moradia da população.

Para tanto, apenas arames distantes um do outro não seria mais viável. Sendo assim, foram inventadas as telas de proteção e cercamento em geral. Assim como a tela de simples torção, muito utilizada para grandes extensões e cercamentos de empresas, podendo ser produzida com materiais galvanizados e galvanizados com revestimentos de PVC. O mesmo vale para as telas hexagonais. As telas Otis ou telas onduladas embelezam e protegem com seu aspecto entrelaçado e produção quase artesanal. E por fim, as mais recentes criadas, as telas soldadas, que são muito difundidas na região sul do Brasil.

1.1 Área de estudo

O presente trabalho visa o estudo da viabilidade de produção das telas soldadas com diferentes tipos de camadas de galvanização sendo elas, a tela soldada com os arames de camada de zinco leve, a tela soldada com o arame de camada de zinco leve com o arame de camada de zinco pesada (tela mista) e a tela utilizando o arame de camada de zinco pesada, observando o impacto da qualidade nos pontos de solda da tela soldada quando fundidos os fios para a fabricação do produto.

1.2 Delimitação do tema

O estudo será limitado à observação da oxidação nos pontos de fusão da solda entre os arames horizontais e verticais do produto.

1.3 Justificativa

Aos poucos, as fábricas de telas soldadas estão se difundindo pelo país, porém, ao contrário de marcas já conceituadas no mercado que utilizam fios de qualidade e pesquisas constantes dos seus produtos, as novas empresas estão utilizando fios com um nível menor de qualidade na galvanização, levando a uma menor durabilidade do produto, pois utilizando arames com qualidade inferior, a fusão e proteção dos pontos da solda ficam comprometidas.

As novas marcas estão utilizando fios com menor galvanização devido à concorrência, pois com uma quantidade menor de zinco, a tela soldada acaba tendo um menor custo comercialmente e como não há nenhuma norma específica para o produto vigente no País, as empresas estão colocando qualquer tipo de tela soldada no mercado e este trabalho tem por objetivo abordar o quanto se torna valioso alguns micrômetros a mais de zinco no fio da tela soldada para a vida útil do produto para o consumidor final.

Além da concorrência de preços, a obtenção de arames com camada pesada de boa qualidade é de difícil aquisição no mercado nacional, devido aos fornecedores de arames, também serem produtores das telas soldadas, dificultando às novas fábricas de usarem fios com uma melhor qualidade, fazendo com que estas empresas busquem outras alternativas para a produção das telas soldadas, como a de utilizar arames com a galvanização leve.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral da pesquisa visa apresentar os dados com os testes de Névoa Salina (*Salt spray*) à durabilidade dos pontos de fusão da tela soldada nas diferentes composições de fios galvanizados frente ao tempo, comprovando ou não a sua qualidade e a dos fios fornecidos pela siderúrgica.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) Conhecer a história do aço, tipos de aço e galvanização;
- b) Aprofundar estudos sobre a oxidação do aço e da galvanização baseada no zinco;
- c) Atestar a qualidade do arame galvanizado e se corresponde às exigências das normas;
- d) Apresentar o ensaio de névoa salina (*salt spray*);
- e) Obter os materiais para preparação dos corpos-de-prova e ensaiá-los nos laboratórios, obtendo dados para comparações de qualidade;

- f) Utilizar os resultados dos ensaios e através dos dados obtidos comparando a questão custo e qualidade dos produtos, se compensará financeiramente para o cliente levar uma tela soldada com uma camada mais fina de galvanização.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo compreende o referencial teórico utilizado para a elaboração deste trabalho. Em um primeiro momento é apresentado a história do aço, fazendo uma cronologia da implantação das siderúrgicas, desde os primórdios na colonização portuguesa no Brasil até os tempos de hoje. Após esta breve introdução daremos ênfase às características físicas e químicas do aço e posteriormente apresentando os problemas da corrosão sofrida ao material e em quais regiões no Brasil a corrosão se torna mais forte ou mais fraca, e a caracterização destas regiões através de normas brasileiras.

Assim como no aço, o processo de galvanização é comentado desde sua descoberta, revisando os métodos de galvanoplastia mais utilizados no país, informando suas particularidades para o revestimento bem como a massa de zinco formada em cada processo de revestimento.

Apresentados o aço e a galvanização começamos a entrar no estudo do arame galvanizado de baixo teor de carbono, o material que será utilizado para a confecção do produto alvo deste trabalho de conclusão de curso, as telas soldadas, pesquisando suas aplicações e normas que regem a produção do material, visando entender um pouco mais sobre seu controle de qualidade e testes para a aceitação de bons lotes do produto.

Em seguida se descreve o teste de névoa salina, brevemente, apenas para o conhecimento do ensaio e para qual finalidade ele se aplica; as normas que regem os ensaios através deste método também são mencionadas. Por fim, conclui-se a revisão bibliográfica com as caracterizações da oxidação do zinco, suas causas e soluções para tratá-las.

Com base nos conceitos e normas estudadas, realiza-se a implantação da pesquisa e ensaios, onde métodos dos ensaios, aplicações e resultados serão descritos nos capítulos posteriores.

2.1. O Aço

2.1.1 O Aço no Brasil

Em 1815, ficou pronta a usina do Morro do Pilar, em Minas Gerais. Em 1818, a fábrica de Ipanema, nos arredores de Sorocaba, começa a produzir ferro forjado. Outras indústrias foram abertas em Congonhas do Campo, Caeté e São Miguel de Piracicaba, todas em Minas Gerais. Antes da abertura das fábricas locais, o ferro era exclusivamente importado de países europeus, especialmente da Suécia, da Alemanha e da Espanha (Instituto nacional do Aço).

Conforme PALATNIK, 2011 a nova Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, em 1920, a indústria nacional da siderurgia começa efetivamente a ganhar escala, contudo até a inauguração da Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, em 1941, a produção de aço no Brasil ainda é bastante restrita.

Pertencendo a CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) a Fábrica de Estruturas Metálicas - FEM, em 1953, foi muito ativa nas décadas de 60 e 70, e ajudou a contribuir para a difusão da tecnologia da construção em aço no Brasil, construindo importantes edifícios de múltiplos andares em estrutura metálica, tais como: o Edifício Avenida Central, em 1957, de Henrique Mindlin, o Edifício Montepio dos Empregados do Estado e o Edifício Garagem da nova sede do Jockey Club, de Lucio Costa, no Rio de Janeiro. E ainda, o Brasília Palace Hotel, em 1958, e o Palácio do Desenvolvimento, em 1973, ambos de Oscar Niemeyer, em Brasília (DIAS, 1999).

O parque siderúrgico nacional iniciou a década de 90 contando com 43 empresas estatais e privadas, cinco delas integradas a coque (material carbonáceo sólido obtido a partir da destilação do carvão mineral), nove a carvão vegetal, duas integradas à redução direta e 27 semi-integradas, além de produtores independentes de ferro-gusa e carvão vegetal, que somavam cerca de 120 altos-fornos. A instalação dessas unidades produtoras se concentrou principalmente no Estado de Minas Gerais e no eixo Rio-São Paulo, devido à proximidade de regiões ricas em matérias-primas empregadas na fabricação do aço, ou de locais com grande potencial de consumo. Entre 1995 e 2016, as siderúrgicas investiram US\$ 45,7 bilhões, priorizando a modernização e atualização tecnológica das usinas, atingindo uma capacidade instalada de 50 milhões de toneladas (Instituto nacional do Aço).

Na tabela 1 tem-se uma cronologia do início do aço no Brasil até os dias atuais.

Tabela 1 - Introdução do aço no Brasil

Tabela 1: Cronologia do Aço no Brasil	
Período	Acontecimento
1554	O Padre José de Anchieta, S. J, descobre depósitos de minérios de ferro e de outros bens minerais na Capitania de São Vicente.
1556	O Padre Mateus Nogueira, S.J, instala uma forja na recém-criada cidade de São Paulo para atender as necessidades da comunidade local.
1557	Afonso Sardinha instala na antiga freguesia de Santo Amaro uma pequena fábrica produtora de ferro metálico. Esta data é considerada por siderurgistas brasileiros como a do nascimento da indústria nacional do ferro metálico e do aço e Afonso Sardinha como o seu pioneiro.
1590	Afonso Sardinha coloca em operação a sua segunda fábrica produtora de ferro metálico, com capacidade instalada de produção superior à anterior Foi Instalada no morro de Araçoiaba, em Sorocaba.
1600	Afonso Sardinha e outros empreendedores instalam novas fábricas voltadas à produção e a transformação de ferro metálico em Sorocaba.
1780	Com a descoberta de ouro na região central da Capitania de Minas Gerais, o Governador Don Rodrigo José de Menezes requer a Corte de Portugal autorização para a instalação de fábricas voltadas á produção e/ou à transformação de ferro metálico em implementos necessários às atividades de lavra
1785	O pleito de Don Rodrigo J. de Menezes não só foi rejeitado como deu origem a uma ordem de Da. Maria a Louca, tornando ilegal a instalação de novas fábricas produtoras e/ou transformadoras de ferro metálico e manda desativar as existentes.
1795	O Governador Geral do Brasil D. Luís Pinto de Souza, comunica aos governadores das Capitanias que as fábricas produtoras e/ou transformadoras de ferro metálico estão autorizadas a funcionar.
1808	A chegada de D. João VI ao Brasil deu um novo impulso à expansão da siderurgia brasileira. A implantação da Real Fábrica de São João de Ipanema é acelerada.
1810	É criada oficialmente a Real Fábrica de São João de Ipanema
1818	O alto-forno N° 1 da fábrica de Ipanema entra em operação.
1825	O engenheiro francês Jean Antoine de Monlevade, em Sabará, instala uma fábrica para a produção e transformação de ferro metálico.
1892	Instalação de alto-forno na usina Miguel Burnier.
1910	O Presidente Nilo Peçanha assina o decreto favorecendo a instalação de estabelecimentos siderúrgicos.
1921	É criada a Cia Siderúrgica Belgo-Mineira, resultado da associação da Cia Siderúrgica Mineira com a empresa belgo-luxemburguesa ARBED.
1939	É inaugurada em Monlevade, MG, a segunda usina da Cia Siderúrgica Belgo-Mineira
1946	É inaugurada a usina da CSN em Volta Redonda, RJ. Trata-se da maior usina integrada, com base em coque, da América Latina
1954	Com a inauguração da Cia Siderúrgica Mannesmann, em Belo Horizonte, MG, começa a operar o primeiro forno elétrico de redução de minérios de ferro.
1961	Entra em operação na Siderúrgica Riograndense, em Porto Alegre, a primeira máquina de lingotamento contínuo de aço.
1973	É inaugurada no País a primeira usina integrada produtora de aço, Usina Siderúrgica da Bahia (Usiba). É criada também a Cia. Siderúrgica Brasileira (SIDERBRAS)

1983	Entra em operação em Vitória, ES, a Cia Siderúrgica de Tubarão (CST)
1986	Entra em operação em Ouro Branco, MG, a Cia Aço Minas Gerais (Açominas).
2008	Constituição da Companhia Siderúrgica do Pecém
2016	Início da operação do alto-forno, aciaria e lingotamento contínuo da Companhia Siderúrgica do Pecém

Fonte: Instituto do Aço Brasil, 2015

2.1.2 Apresentação do Aço

A usina siderúrgica é a empresa responsável pela transformação do minério de ferro em aço, de maneira que ele possa ser usado comercialmente. Este processo tem o nome de Redução. Primeiramente, o minério – cuja origem básica é o óxido de ferro (FeO) – é aquecido em fornos especiais (alto forno), em presença de carbono (sob a forma de coque ou carvão vegetal) e de fundentes (que são adicionados para auxiliar a produzir a escória, que, por sua vez, é formada de materiais indesejáveis ao processo de fabricação). O objetivo desta primeira etapa é reduzir ao máximo o teor de oxigênio da composição FeO . A partir disso, obtém-se o denominado ferro-gusa, que contém de 3,5 a 4,0% de carbono em sua estrutura. Como resultado de uma segunda fusão, tem-se o ferro fundido, com teores de carbono entre 2 e 6,7%. (FERRAZ, 2003)

Após uma análise química do ferro, em que se verificam os teores de carbono, silício, fósforo, enxofre, manganês entre outros elementos, o mesmo segue para uma unidade da siderúrgica denominada aciaria, onde será finalmente transformado em aço. O aço, por fim, será o resultado da descarbonatação do ferro gusa, ou seja, é produzido a partir deste, controlando-se o teor de carbono para no máximo 2%. O que temos então é uma liga metálica constituída basicamente de ferro e carbono, este último variando de 0,008% até aproximadamente 2,11%, além de certos elementos residuais resultantes de seu processo de fabricação. O limite de 0,008% de carbono está relacionado à sua máxima solubilidade no ferro à temperatura ambiente (solubilidade é a capacidade do material de se fundir em solução com outro), enquanto que o segundo - 2,11% - à temperatura de 1148°C . (FERRAZ, 2003)

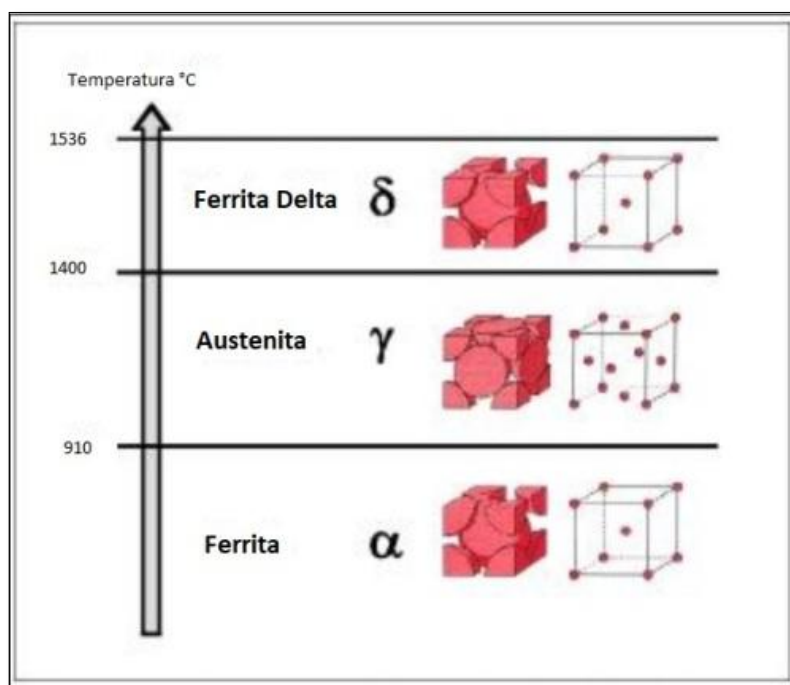
Os aços diferenciam-se entre si pela forma, tamanho e uniformidade dos grãos que o compõem e, é claro, por sua composição química. Esta pode ser alterada em função do interesse de sua aplicação final, obtendo-se através da adição de determinados elementos químicos, aços com diferentes graus de resistência mecânica, soldabilidade, ductilidade, resistência à corrosão, entre outros. De maneira geral, os aços possuem excelentes propriedades mecânicas: resistem bem à tração, à compressão, à flexão, e como é um material homogêneo, pode ser laminado,

forjado, estampado, estriado e suas propriedades podem ainda ser modificadas por tratamentos térmicos ou químicos. (FERRAZ, 2003)

2.1.3 Propriedades e Caracterização dos Aços

O ferro puro à temperatura ambiente se encontra em uma forma estável conhecida como ferrita, ou ferro α . Possui uma estrutura cristalina, é dúctil e pouco resistente quando comparada a outros constituintes devido à sua estrutura cristalina. A ferrita experimenta uma transformação polimórfica para austenita, com estrutura cristalina, ou ferro γ , à temperatura de 912° C. Essa austenita persiste até uma temperatura de 1394° C, temperatura em que a austenita reverte novamente para uma fase com estrutura, conhecida por ferrita δ , a qual finalmente se funde a uma temperatura de 1536° C, conforme Figura 01 (CANALE, 2018).

Figura 1 - Esquema atômico do aço



Fonte: Heck (S.D.) 2010, editado pelo Autor

Existe uma grande e diversificada variedade de aços que se diferenciam pela forma, tamanho e uniformidade dos grãos que o compõem e, é claro, por sua composição química.

Sendo que esta pode ser alterada em função do interesse de sua aplicação final, obtendo-se através da adição de determinados elementos químicos, aços com diferentes graus de resistência mecânica, soldabilidade, ductilidade, resistência à corrosão, entre outros. De maneira geral, os aços possuem excelentes propriedades mecânicas: resistem bem à tração, à compressão, à flexão, e como é um material homogêneo, pode ser laminado, forjado, estampado, estriado e suas propriedades podem ainda ser modificadas por tratamentos térmicos ou químicos (FERRAZ, 2003).

Para Pannoni (2007) os aços podem ser divididos em:

1. Aço-carbono são ligas de Ferro-Carbono contendo geralmente de 0,008% até 2,11% de carbono, além de certos elementos residuais resultantes dos processos de fabricação;
2. Aço-liga são os aços carbono que contém outros elementos de liga, ou apresenta os elementos residuais em teores acima dos que são considerados normais.

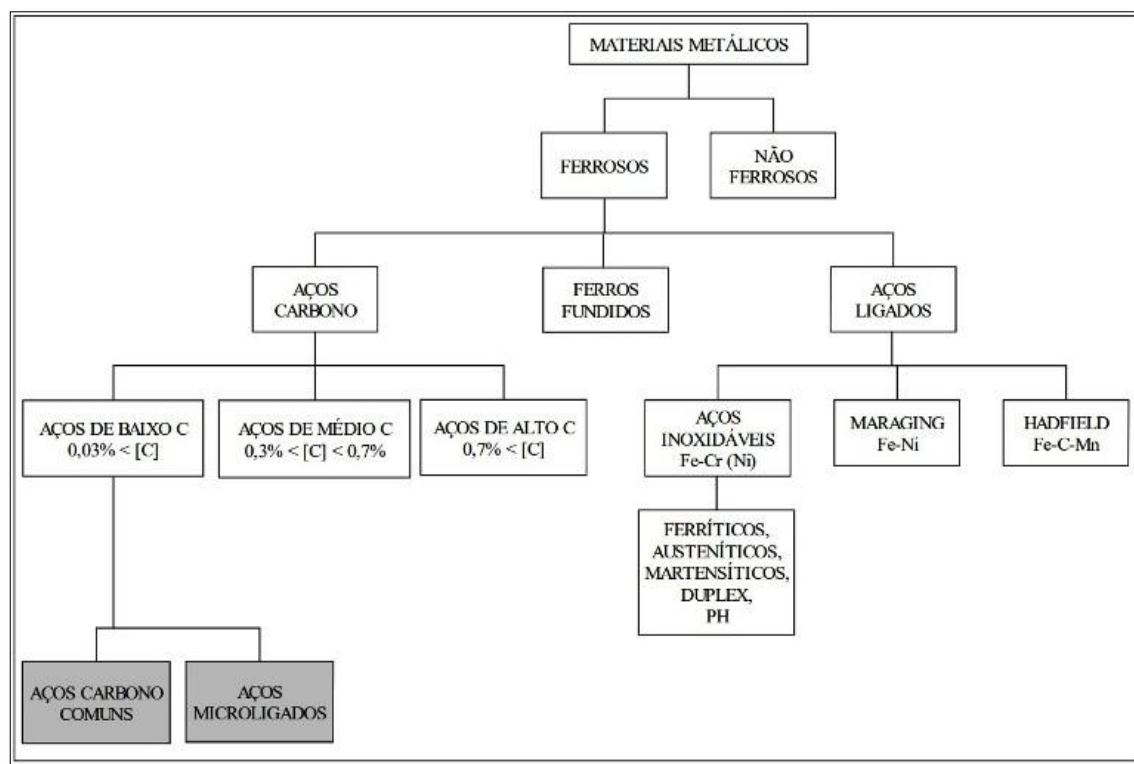
Por sua vez o aço-carbono divide-se em três classes:

- 1- Aço de baixo teor de carbono, com Carbono (C) $< 0,3\%$, são aços que possuem grande ductilidade, bons para o trabalho mecânico e soldagem (construção de pontes, edifícios, navios, caldeiras e peças de grandes dimensões em geral). Estes aços não são temperáveis;
- 2- Aço de médio carbono, com $0,3 < C < 0,7\%$, são aços utilizados em engrenagens, bielas, etc.. São aços que, temperados e “revenidos”, atingem boa tenacidade e resistência;
- 3 - Aços de alto teor de carbono, com $C > 0,7\%$. São aços de elevada dureza e resistência após a têmpera, e são comumente utilizados em molas, engrenagens, componentes agrícolas sujeitos ao desgaste, pequenas ferramentas, etc.

Matlock (2009) afirma que dentro desta classe de aços de baixo teor de carbono estão os aços microligados, onde elementos químicos como o nióbio (Nb), o titânio (Ti) ou o vanádio (V), são microligados, resultando em aços de alta resistência e baixa liga. Os teores de elementos ligantes são muito menores do que em aços de outras categorias, como aços inoxidáveis, ou aços para ferramentas, no qual a soma dos elementos de liga geralmente não ultrapassa 2 %, e o teor de carbono situa-se abaixo de 0,25 %.

Na figura 02 temos um esquema de como os aços podem ser classificados.

Figura 2 - Fluxograma da Classificação dos Aços



Autor: PANNONI, F. D. Aços estruturais, editado pelo autor

No entanto, neste trabalho será estudado o aço de baixo teor de carbono, estes aços são muito empregados para os seguintes produtos, arames galvanizados, arames achatados, barras acabadas a frio, barras laminadas a quente, bobinas laminadas a frio e a quente, chapas finas laminadas a frio e a quente, chapas chumbadas compridas, chapas com esmaltação porcelânica, chapas galvanizadas ou revestidas com zincagem eletrolítica, aço estrutural, folhas de flandres, fios-máquina laminados a quente, tubos estrutural e para oleodutos, etc.

Portanto se dará ênfase no arame galvanizado de aço com baixo teor de carbono, pois o produto estudado neste trabalho de conclusão de curso, a tela soldada, é inteiramente feito com esta matéria prima, a qual é revestida de zinco por meio de galvanização a fogo, podendo ser especificado por galvanização leve ou galvanização pesada às quais serão apresentados nos próximos itens.

2.2 Galvanização do Aço

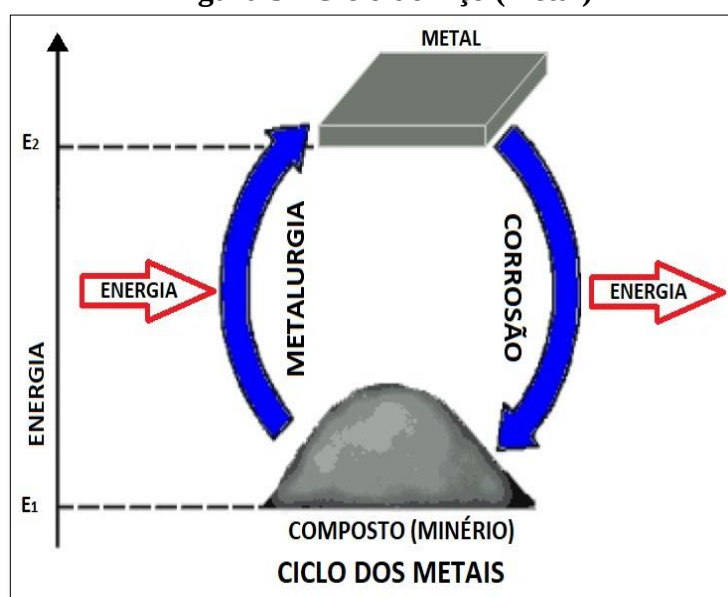
2.2.1 Corrosão do Aço

Num aspecto muito difundido e aceito universalmente pode-se definir a corrosão como a deterioração de um material geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. A deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações prejudiciais indesejáveis, sofridas pelo material, tais como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais, tornando-o inadequado para o uso (GENTIL 1996).

A corrosão ainda pode se intensificar quando há no ar a presença de poluentes, dióxido de enxofre (SO_2) ou cloreto (Cl)

Em alguns casos, pode-se admitir a corrosão como o inverso do processo metalúrgico, cujo objetivo principal é a extração do metal a partir de seus minérios ou de outros compostos, visto que a corrosão tende a oxidar o metal transformando em um composto químico bem semelhante ao minério do qual é originalmente extraído (Figura 03). O óxido de ferro mais comumente encontrado na natureza é a hematita Fe_2O_3 e a ferrugem é o Fe_2O_3 hidratado, ou seja, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, isto é, o metal tendendo a retornar a sua condição de estabilidade (GENTIL 1996).

Figura 3 - Ciclo do Aço (metal)



Fonte: Corrosão, 2016, editado pelo Autor

Portanto para proteger o metal das intempéries do tempo, dando uma sobrevida ao material foram desenvolvidos métodos para a proteção do aço, chamado hoje de galvanoplastia ou mais popularmente pronunciado, galvanização (item 2.2.2). Podemos revestir o aço com, Cádmio, Prata, Níquel, Ouro, Chumbo, Platina, Zinco e assim por diante. No entanto a galvanização mais difundida para proteção do aço em geral é a Zincagem por ser um material com um menor custo e que fornece uma proteção grande ao aço, formando uma proteção impermeável que não permite a entrada de umidade, sem contar de suas propriedades anódicas que protegem o aço, mesmo quando há um corte ou arranhão no revestimento, perante a ferrugem. No próximo item serão apresentadas as formas de galvanizar os materiais.

Segundo a norma NBR 14643:2001 a agressividade de corrosão pode ser classificada conforme as tabelas 02 e 03.

Tabela 2 - Classificação da Corrosão

Categoria	Corrosividade
C1	Muito Baixa
C2	Baixa
C3	Média
C4	Alta
C5	Muito Alta

Fonte: ABNT NBR 14643:2001, editado pelo Autor

Tabela 3 - Consumo de zinco conforme a classificação da corrosão.

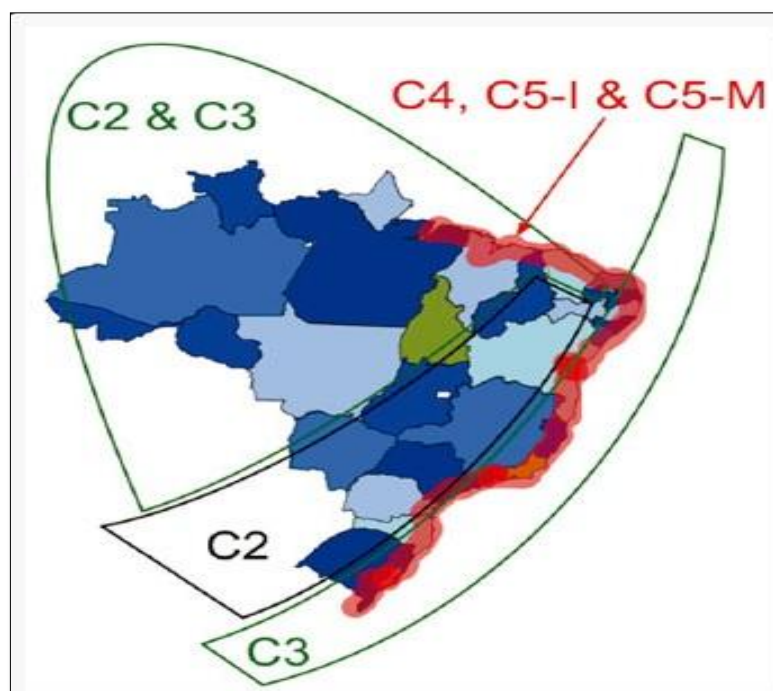
Categoria de Corrosividade	Taxa de Corrosão	
	1º ano g/(m².a)	Estado Estacionário µm/a
C1	$<V_m \leq 0,7$	$<V_e \leq 0,05$
C2	$0,7 < V_m \leq 5$	$0,05 < V_e \leq 0,5$
C3	$5 < V_m \leq 15$	$0,5 < V_e \leq 2$
C4	$15 < V_m \leq 30$	$2 < V_e \leq 4$
C5	$30 < V_m \leq 60$	$4 < V_e \leq 10$

Fonte: ABNT NBR 14643:2001, editado pelo Autor

Portanto, estabelecido pela norma, o Brasil poderia ser classificado, a grosso modo, da seguinte forma, categorias C2 e C3 para todos os estados do Norte, Mato grosso e alguns estados do Nordeste, a região Sudeste e Sul e o estado da Bahia, Mato Grosso do Sul e Goiás predomina a classificação C2 e nos estados que tem zona marítima algumas cidades ficam com a

classificação de C3 (principalmente as cidades que se aproximam da borda do continente) e cidades litorâneas com a classificação C4 e C5, na figura 04 podemos notar que a classificação C5 se distingue em duas C5-M que denomina a agressão por maresia e a C5-I identificando a corrosão por zonas industriais.

Figura 4 - Classificação da Corrosão No Brasil.



Fonte: Revista do Aço, 2018

Segundo estudos apresentados pela Universidade de São Paulo (USP) e o *International Zinc Association* – (IZA) o Brasil perde em média 4% do seu PIB por ano para a corrosão nos metais (Revista do Aço).

2.2.2 Galvanização

Em 1741, o químico francês Melouin descobriu que o recobrimento de zinco poderia proteger o aço da corrosão. Em 1837, o engenheiro Sorel patenteou a galvanização a fogo utilizando o termo galvanização porque é a corrente galvânica que protege o aço (em homenagem a Luigi Galvani, 1737-1798, (um dos primeiros cientistas a pesquisar a eletricidade e seus benefícios), (ZEMPULSKI, 2007).

Conforme ZEMPULSKI (2007), os aços galvanizados apresentam maior durabilidade com relação aos não submetidos a este tratamento, mas eles se comportam de maneira diferente

em ambientes rurais, urbanos ou marítimos. A corrosão do zinco é de 10 a 50 vezes menor que no aço em áreas industriais e rurais, e de 50 a 350 vezes em áreas marinhas. O gás carbônico (CO_2) das regiões rurais provoca a formação do carbonato de zinco e o desgaste é maior em regiões industriais e litorâneas devido à presença de névoa salina e óxidos de enxofre (SO_2 , SO_3), cujos produtos de corrosão são mais solúveis que o carbonato de zinco.

Hoje em dia existem muitas maneiras de galvanizar os materiais, no Brasil, portanto, as mais utilizadas são:

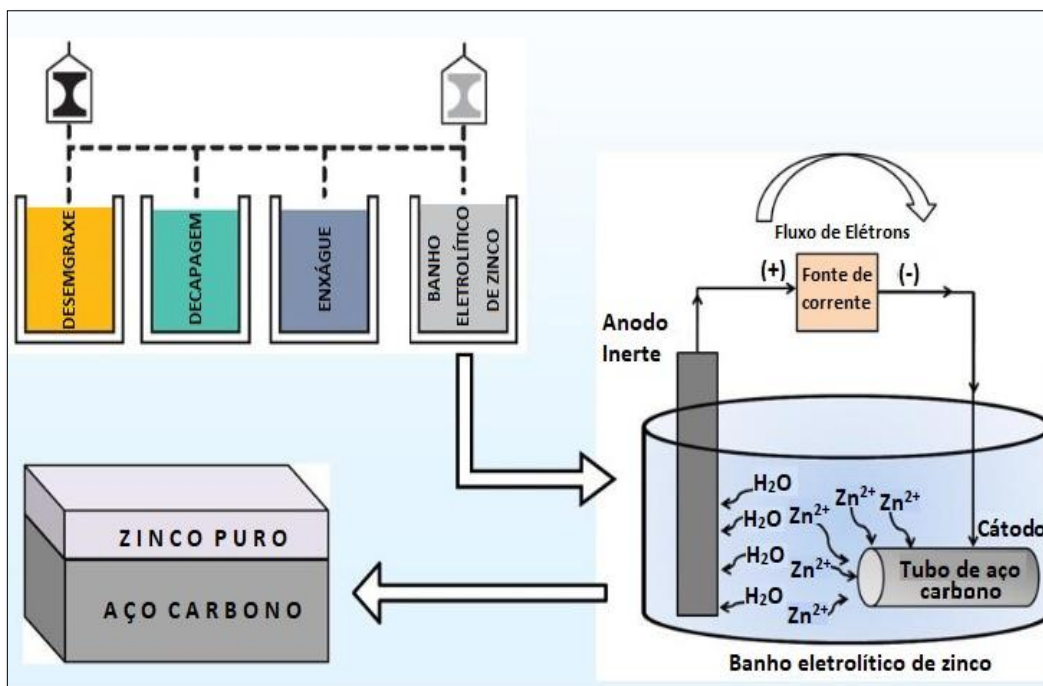
- Galvanização por imersão em banho de Zinco eletrolítico;
- Galvanização por cementação do Zinco (*Sheradizing*);
- Galvanização por imersão a quente;

A galvanização em banho eletrolítico nada mais é do que a imersão dos metais em banhos alcalinos, levemente ácidos ou em sais, para a zincagem utiliza-se fórmulas alcalinas a base de cianetos ou ácidas com sulfatos (Figura 05).

O processo funciona da seguinte maneira, a solução aquosa que contenha sais, ácidos ou bases, tem a propriedade de conduzir a corrente elétrica, por esse processo algumas moléculas do ânodo se dissociam, sendo conduzidas pela corrente elétrica ao cátodo (objeto a ser galvanizado) (BUZZONI, 1991), de forma manual através de ganchos ou baldes, ou de forma automática, quando colocados em processos de tambores os quais possuem uma esteira ou hélices helicoidais, as quais movimentam as peças entre os banhos necessários assim aderindo-se o zinco à superfície e por fim galvanizando e protegendo o metal contra a corrosão com uma camada de zinco que pode variar de $7\mu\text{m}$ a $25\mu\text{m}$ (Figura 05).

Este método hoje é mais utilizado para o revestimento de peças como parafusos, ferramentas, objetos pequenos que necessitam ser forjados ou estampados antes da devida proteção contra a corrosão.

Figura 5 - Esquema da galvanização eletrolítica.



Fonte: SLIDE PLAYER, 2018, editado pelo Autor

Já no processo galvanização por cementação do Zinco (*Sherardizing*) a peça de ferro é aquecida entre 200° C a 400° C e sobre ele se distribuiu uma camada de zinco que adere fortemente ao ferro (MELLO, 1979), esse processo acontece dentro de um tambor que contém areia junto ao pó de zinco, e durante algum tempo o material fica girando continuamente e aquecidos ferro e zinco formam uma liga de ferro/zinco na superfície do material (HDGASA).

Por este processo pode se obter uma espessura média de 15µm a 40µm de galvanização, no entanto, da mesma maneira da eletro galvanização, apenas objetos pequenos como parafusos, ferramentas e etc., podem se utilizar deste método.

A Galvanização por imersão a quente pode ser distinguida em duas formas: Por banho de grandes e pequenas peças unitárias no zinco que pode ter três caminhos, galvanização por imersão a quente úmido e seco, o que os diferencia é o momento em que o aço mergulha no fundente, ficando restrita a tubos e a componentes pequenos a imersão a quente úmida.

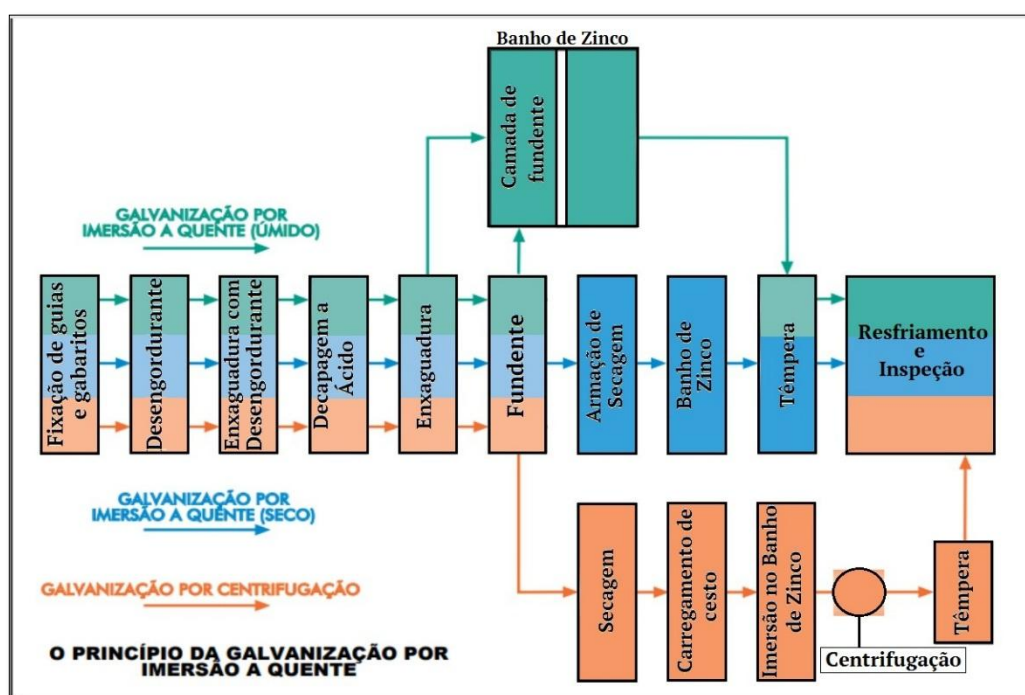
A galvanização por centrifugação é restrita a peças pequenas como parafusos, pregos, grampos e etc., que quando banhadas no zinco, dentro de um cesto, são transferidas para uma centrífuga que retira os excessos de zinco do material.

E por fim, a galvanização por imersão contínua, utilizada para chapas de aço e arames, muito semelhantes o processo uma da outra, no entanto a linha de produção é contínua, com a soldagem das extremidades de início e fim das bobinas de chapas ou arames.

Conforme a *Hot Dip Galvanizers Association Souther Africa* (HDGASA), o processo de galvanização por imersão a quente deve seguir as seguintes etapas: Desengordurante que remove graxas e óleos, decapagem que retira ferrugem e “carepas” de laminação, fundente que através de ácidos liga o aço com o zinco, galvanização, mergulhando o aço no zinco e a última etapa que é a têmpera ou passivação onde os metais são resfriados com dicromato de sódio, água pura ou ar (Figura 06).

Já no processo contínuo, método utilizado para chapas e arames galvanizados, temos a inclusão do recozimento dos arames antes da entrada para a galvanização, e diferente do método convencional, na cuba de galvanização na entrada do arame é colocado por cima do zinco, uma camada de carvão, gás, cascalho ou nitrogênio para assim fazer o estiramento.

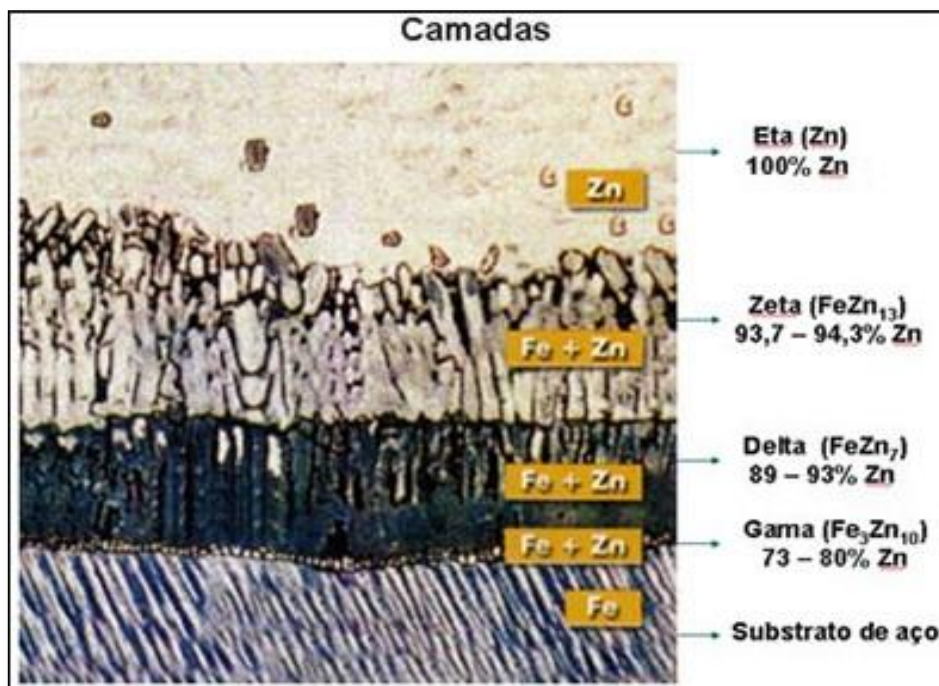
Figura 6 - Esquematisação da Galvanização a quente.



Fonte: *Hot Dip Galvanizers Association Souther Africa* (HDGASA), editado pelo Autor.

Após o produto ser revestido, a aparência no microscópio pode ser definida da seguinte forma, camada ETA (η) onde o zinco é 100% puro, camada ZETA (ζ) que o zinco fica em um percentual de pureza aproximado de 94 % e onde já encontramos 6% de ferro misturado, a próxima camada é chamada de DELTA (δ) que contém aproximadamente 90% de Zinco e 10% de Ferro e por fim vem a camada GAMA (Γ) que contém em torno de 75% de Zinco e 25% de ferro e esta camada faz a ligação da camada de zinco com o substrato de ferro (figura 07).

Figura 7 - Distribuição das camadas de revestimentos



Fonte: ICZ - Instituto de Metais não Ferrosos, 2018

2.3 Arame Galvanizado

O arame galvanizado pode ser usado para diversos fins como grampos de cerca, ganchos, cabides, rolos de pintura, alças para baldes, arames farpados, telas de simples torção, hexagonais e soldadas e entre os mais diversos fins.

A aplicação dos arames nas telas soldadas, a norma brasileira que rege a qualidade desse material é a ABNT NBR 6331, de 2010, – Arame de aço de baixo teor de carbono zincado, para uso geral, onde a mesma classifica os arames em galvanização leve ou pesada (Tabela 04) e a resistência à tração em macia ou dura (Tabela 05) tendo variações tanto da massa de zinco quanto a resistência conforme as bitolas de arame.

Tabela 4 - Massa mínima da camada de zinco

Diâmetro Nominal dos Arames Zincados Ø mm	Camada de Zinco g/m ²	
	Leve	Pesada
0,18 a 0,24	15	-
0,25 a 0,32	15	45
0,33 a 0,50	20	70
0,51 a 0,80	20	110
0,81 a 1,00	30	150
1,01 a 1,80	35	150
1,81 a 2,50	40	190
2,51 a 3,55	50	200
3,56 a 5,00	55	260
5,01 a 10,00	65	290

Fonte: ABNT NBR 6331:2010, editado pelo Autor

Tabela 5 - Resistência à tração e tolerância no diâmetro

Diâmetro Nominal mm	Resistência à tração		Afastamento mm
	Macia	Dura	
	MPa (Kgf/mm ²)	MPa (Kgf/mm ²)	
0,18 a 0,24	600 (61) máximo	601 - 885 (61 – 90)	± 0,02
0,25 a 0,39	600 (61) máximo	601 - 885 (61 – 90)	± 0,03
0,40 a 0,62	600 (61) máximo	601 - 885 (61 – 90)	± 0,04
0,63 a 1,99	600 (61) máximo	601 - 885 (61 – 90)	± 0,05
2,00 a 2,99	550 (56) Máximo	551 - 885 (51 – 90)	± 0,10
3,00 a 10,00	500 (51) Máximo	501 - 835 (51 – 85)	± 0,10

Fonte: ABNT NBR 6331:2010, editado pelo Autor

Para este trabalho será importante a faixa de bitolas de 1,81mm a 2,50mm para a determinação da massa de zinco (Tabela 04) e as faixas de 0,63mm a 1,99mm e 2,00mm a 2,99mm para a determinação da resistência a tração (Tabela 05)

Para os ensaios da aderência da camada de zinco disposto pela norma ABNT NBR 7398, de 2015, a massa da camada de zinco conforme a ABNT NBR 7397, de 2016, e resistência a tração pela norma ABNT NBR 6207, de 1982 e a ABNT NBR 6331, de 2010, sugere os ensaios descritos anteriormente para a aceitação dos lotes de arame.

2.3.1 Ensaios Para Verificação da Aderência do Zinco nos Arames Galvanizados

O ensaio para aderência do zinco pode ser realizado por quatro processos diferentes, todos muito simples conforme a norma da ABNT NBR 7398, de 2015, devido à praticidade estes são mais utilizados:

Enrolamento: Prevê enrolar o fio galvanizado em hélice fechada com pelo menos oito voltas ao redor de um mandril cilíndrico conforme diâmetro indicado (Tabela 06) a uma velocidade não superior a quinze voltas por minuto, não podendo escamar o revestimento e nem ser removido por fricção do dedo (sem o auxílio da unha) o revestimento do arame;

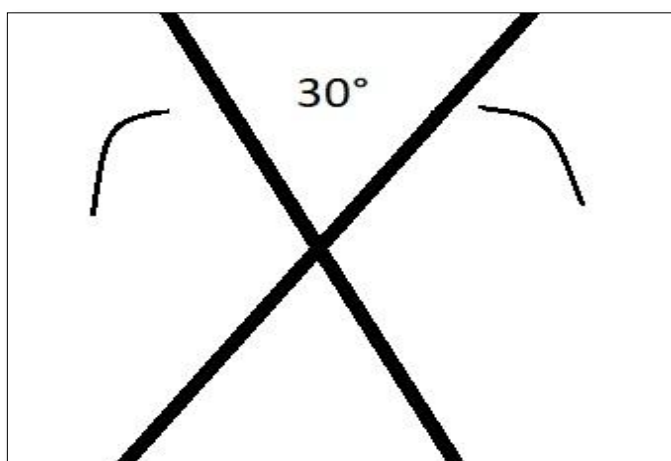
Incisão: Pegar um objeto com lâmina bem afiada e em ângulo perpendicular a esta aplicar pressão suficiente para que o corte chegue até o metal base repetindo-a em um ângulo de 30°, após feita as incisões, devemos colocar a ponta da lâmina no rasgo e tentar remover o zinco puxando-o em direção a superfície (figura 08), o resultado satisfatório se dá quando não há o desprendimento do zinco, e não satisfatório quando se tem a esfoliação do zinco;

Tabela 6 - Diâmetro do Mandril para o ensaio de enrolamento

Diâmetro do fio Galvanizado mm	Diâmetro do Mandril mm
$1,25 < d \leq 2,30$	3 d
$2,30 < d \leq 3,55$	4 d
$3,55 < d \leq 4,85$	5 d
$4,85 < d$	6 d
$d = \text{diâmetro}$	

Fonte: ABNT NBR 7398, de 2015, editado pelo Autor

Figura 8 - Ponto de incisão



Fonte: ABNT NBR 7398, de 2015, editado pelo Autor

2.3.2 Ensaios Para Determinação da Massa de Zinco do Revestimento nos Arames Galvanizados

A norma ABNT NBR 7397, de 2016, visa à determinação da massa do revestimento (g/m^2) pelo método gravimétrico ou volumétrico, os dois são métodos químicos realizados apenas em laboratórios, novamente, para cada diâmetro de fio se pede um corpo de prova de tamanho diferente especificado pela mesma (tabela 07), após os ensaios químicos, o zinco e o aço são separados obtendo assim a quantia de zinco utilizada naquele fio, e para verificar a massa por metro quadrado utiliza-se as fórmulas (1 e 2):

- Método Gravimétrico para fios de aço:

$$m_A = \frac{m_1 - m_2}{m_2} d_2 K \quad (1)$$

Onde:

m_A : é a massa do revestimento de zinco por unidade de área, expressa em gramas por metro quadrado (g/m^2);

m_1 : é a massa do corpo-de-prova revestido, expressa em gramas(g);

m_2 : é a massa do corpo-de-prova sem revestimento, expressa em gramas(g);

d_2 : é o diâmetro do fio sem revestimento, expresso em milímetros (mm);

K : é igual a $1.960 \text{ g}/(\text{m}^2 \times \text{mm})$.

- Método Volumétrico:

$$m_A = 2,5 \frac{V}{d_2 L} \frac{P}{273+T} \quad (2)$$

Onde:

m_A : é a massa do revestimento de zinco por unidade de área, expressa em gramas por metro quadrado (g/m^2);

V : é o volume de hidrogênio desprendido, expresso em milímetros (mL);

d_2 : é o diâmetro do fio sem revestimento, expresso em milímetros (mm);

L : é o comprimento do fio sem revestimento, expresso em milímetros (mm);

P : é a pressão, expressa em Pascal (Pa);

T : é a temperatura, expressa em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$).

Por fim, para determinar a espessura da camada de revestimento, utilizamos a fórmula (3):

$$e = \frac{m_A}{7,14} \quad (3)$$

Onde:

e : é a espessura do revestimento de zinco, expresso em micrometros (μm);

m_A : é a massa do revestimento de zinco por unidade de área, expressa em gramas por metro quadrado (g/m^2);

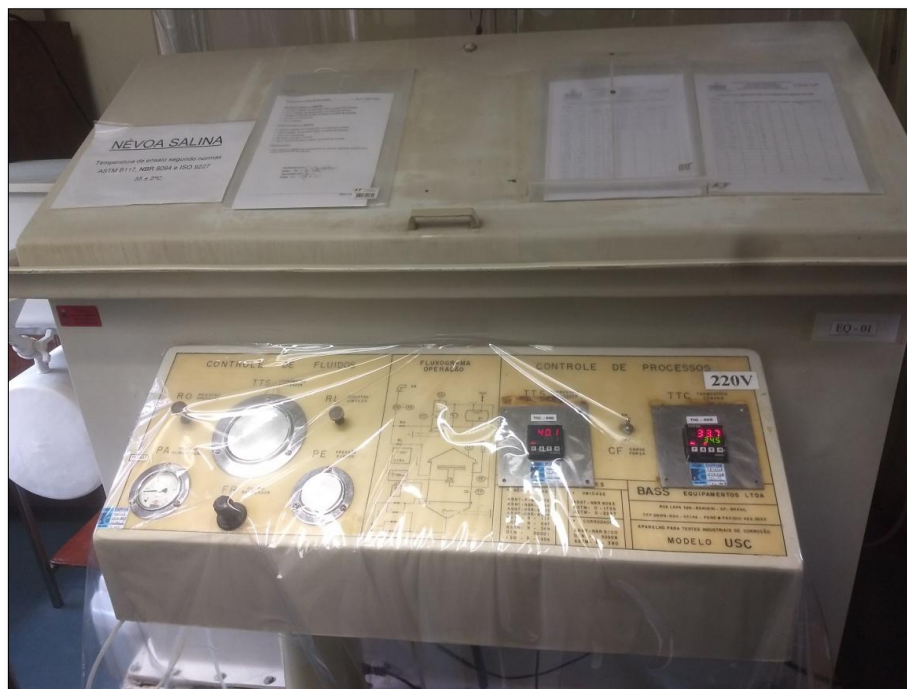
7,14 : é a massa específica do zinco, expressa em gramas por centímetro cúbico (g/m^3).

2.4 Ensaio de Névoa Salina (Salt Spray)

O propósito do ensaio de corrosão acelerada é duplicar em laboratório o desempenho perante corrosão em campo de um produto. Ele proporciona aos cientistas e engenheiros meios de rapidamente desenvolver novos produtos. Por muitos anos, o ensaio por névoa salina foi utilizado amplamente por pesquisadores para este propósito, na avaliação de revestimentos metálicos novos, novas pinturas de revestimentos, bem como para testar tipos variados de tratamentos químicos e pré-tratamentos de pintura para utilização em chapas de aço com revestimento metálico (GALVINFO CENTER, 2011).

Para os revestimentos metálicos, como o zinco, as normas que regem os ensaios são as ABNT NBR 8094, de 1983, ou ABNT NBR 8824, de 1985, para a composição da solução que será colocado na câmara de névoa salina e os procedimentos de ensaio e a ABNT NBR 9103, de 2001, que identifica como devem ser preparados os corpos de provas. Na figura 09 tem-se uma ilustração da câmara de névoa salina (*salt spray*) onde ocorreram os ensaios dos materiais.

Figura 9 - Ilustração da câmara de névoa salina (salt spray)



Fonte: Autor, 2018

2.5. Corrosão do Zinco

A ferrugem no zinco é caracterizada por ferrugem branca e pode ocorrer por diversos fatores, desde o mal armazenamento como por sua vida de proteção ao aço está chegando ao fim, segundo o *Hot Dip Galvanizers Association Souther Africa* (HDGASA) podemos avaliar a ferrugem do zinco (ferrugem branca) em quatro aspectos, são eles:

Descoloração Leve, cor Branca com depósito em pó fino de cor branca: Muito provável que o material ficou com umidade presa durante a armazenagem ou transporte ou por condensação e falta de ventilação. Nenhuma ação é necessária nesse caso, as propriedades protetoras do zinco não são prejudicadas, os depósitos que apresentam a coloração branca, lentamente irão ser transformados em carbonado de zinco, que possui as características protetoras.

Descoloração densa, branca com depósitos espessos e com incrustações: Causadas por condições adversas de armazenamento por longos períodos de tempo ou proteção inadequada durante o transporte permitindo considerável ingresso de água no material. Para isto devem ser

removidos todos os traços de depósitos com aderência insuficiente com uma escova de cerdas rígidas (não com uma escova de arame). Posteriormente devemos verificar a espessura residual do revestimento de zinco com um calibre de espessura eletromagnético. Estando a espessura do zinco de acordo com as especificações nenhuma ação se torna necessária caso o material venha a ser utilizado em condições razoavelmente secas ou com exposição livre.

Manchas negras e descoloração de cor branca com depósitos de pó: Trata-se de um estágio inicial da corrosão do zinco, tais manchas não significam que o revestimento foi destruído. Para tal deve-se verificar a espessura do revestimento com um calibre de espessura magnético e entrar em contato com especialistas antes da restauração.

Oxidação vermelha, ferrugem: É a corrosão do substrato de aço em áreas nas quais o zinco foi completamente consumido, não devendo ser confundido com manchas superficiais. Nestes casos o material precisa ser restaurado ou dependendo do grau da oxidação e finalidade, nem deve ser mais usado.

3 METODOLOGIA

A metodologia no trabalho visa o estudo e a compreensão dos tipos de galvanização e sua importância no produto final: a tela soldada, quando o fio galvanizado é agredido com a solda para fundir um arame no outro. Será analisada a influência de uma camada mais espessa ou uma camada mais fina na tela soldada ofertada ao consumidor, para assim atestar a qualidade dos produtos que estão sendo entregues no mercado, apontando suas vantagens ou desvantagens em relação ao custo/benefício.

3.1 Classificação da Pesquisa

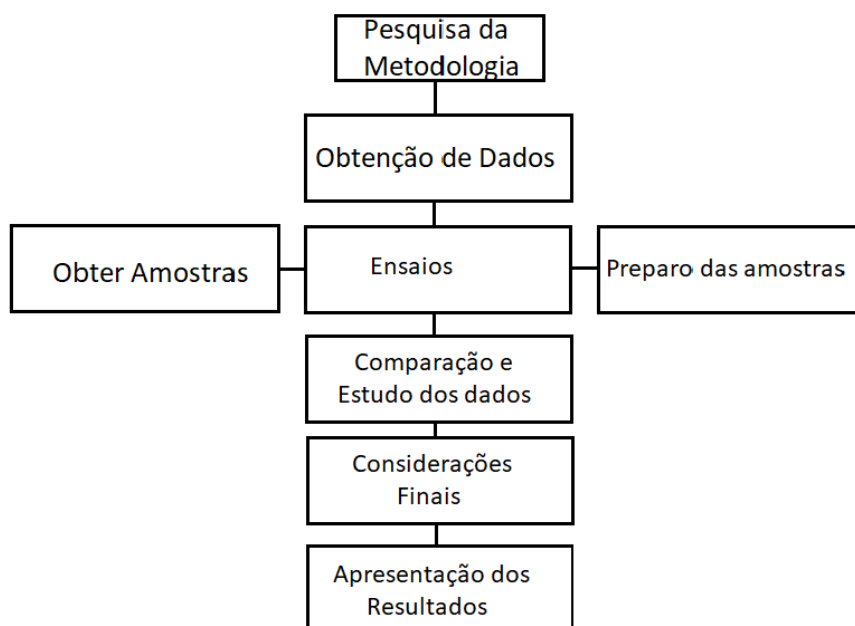
A pesquisa se qualifica como exploratória com base em dados qualitativos. Será desenvolvida com base nos corpos-de-prova dos arames e tela soldada levados a laboratórios na Universidade Federal do Rio Grande Do Sul (UFRGS) e Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), nestes laboratórios foram realizados testes da qualidade da massa de galvanização e posteriormente ensaios da tela soldada pronta colocando em câmaras de névoa salina para acelerar a corrosão nos pontos de solda do produto, portanto obtendo dados precisos e confiáveis. Posteriormente foram feitas comparações do valor da tela soldada, compondo o custo de fabricação com a utilização dos respectivos arames e comparando com o tempo de vida útil do mesmo.

O papel atribuído ao pesquisador é o de engenheiro de materiais na construção civil que visa buscar melhora dos produtos ofertados, primando por qualidade e custos competitivos no mercado.

3.2 Delineamento da Pesquisa

A metodologia seguiu o procedimento de obtenção de dados coletados através dos ensaios dos corpos-de-prova, realizando um comparativo e estudo de custos dos arames galvanizados com a qualidade da tela fabricada com os respectivos fios, por fim levando aos resultados e sua devida apresentação conforme mostra o fluxograma da figura 10.

Figura 10 - Fluxograma das etapas a serem desenvolvidas



Fonte: Autor, 2018.

Primeiramente foi realizado uma pesquisa e o planejamento do desenvolvimento para este trabalho, buscando informações em livros, normas e documentos online para balizamento da mesma.

A obtenção de dados se deu na aquisição das amostras dos materiais fornecidos pela empresa fabricante do produto e materiais comprados no comercial local em empresas especializadas no ramo de telas, posteriormente os mesmos foram preparados e por fim levados aos testes de laboratórios na UFRGS (Universidade Feral do Rio Grande do Sul) para o ensaio de névoa salina e na UNISC (Universidade de Santa Cruz do Sul) para a medição da espessura da camada galvânica, obtendo dados precisos e confiáveis.

Na etapa seguinte foi a vez de submeter aos cálculos os resultados à comparações de custos e vida útil do produto, levando para as considerações finais, obtendo informações precisas para dar um parecer de qual tipo de galvanização a empresa poderá utilizar sem que haja oxidação em curto prazo do material e consecutivamente lesando o cliente e ao mesmo tempo trazendo vantagens comerciais para ambos.

Por fim, serão apresentados os resultados, concluindo e aplicando a pesquisa realizada na linha de produção.

3.3 Delimitações

Dando sequência aos procedimentos metodológicos, a delimitação se faz necessária, uma vez que, apenas estudar a galvanização do fio antes dos processos de solda é muito vago, pois para que a tela soldada possa estar à venda no mercado, ela precisa sofrer a agressão da solda para unir os fios, e ao ocorrer isso o aço que antes era protegido pelo zinco, agora fica exposto, embora que pouco, mas visualmente se torna desagradável para o cliente, pois o mesmo comprou um material galvanizado, com a pretensão de não ter problemas de ferrugem tão cedo em sua cerca e após uma ou duas semanas a solda entra em corrosão, gerando uma certa desconfiança e descrença na marca do produto.

O trabalho foi delimitado ao ponto de fusão dos arames, pois quando a junção dos fios é realizada, o calor da soldagem expulsa o zinco e posteriormente quando esfria, na prática, o zinco ao redor deveria selar o aço cobrindo a solda novamente. O método de fabricação dessas telas não é novo, porém com a popularização dos maquinários, surgiram diversas empresas produzindo estas, colocando no mercado produtos com procedência duvidosa, que visa somente custo baixo e não qualidade.

A pesquisa não necessita fazer comparações com outras marcas já conceituadas no mercado, pois a fabricante disponibiliza os três tipos de telas soldadas galvanizadas a serem testadas à névoa salina, mas caso venha a se fazer necessário, contudo, para referências foi adquirido no mercado local algumas amostras de empresas concorrentes para comparar os pontos de solda das telas soldadas, com os diferentes tipos de galvanizações, o que agregou um embasamento prático mais confiável à pesquisa, tendo assim uma comparação e parâmetro com outras marcas.

Na figura 11, há uma tela soldada que mostra o ponto de solda do produto de uma empresa fabricante de telas soldadas que já está começando o processo de oxidação, mostrando a fragilidade quanto à galvanização do produto na fusão dos arames verticais e horizontais.

Figura 11 - Ponto de solda enferrujando no rolo



Fonte: Autor, 2018

3.4 Técnicas e Instrumentos de Coleta de Dados

Por se tratar de um experimento laboratorial, a coleta de dados se deu em virtude dos testes especificados pelas normas ABNT NBR 7397, de 2016, ABNT NBR 7398, de 2015, que respectivamente são ensaios para a determinação da massa de zinco e verificação da aderência do mesmo.

Posteriormente, para testar o produto finalizado, ou seja, com os arames soldados por fusão, utilizamos o ensaio de névoa salina, tomando por base a ABNT NBR 8094, de 1983, ou a ABNT NBR 8824, de 1985, para a composição da solução aquosa acética que servirá para acelerar a corrosão e a ABNT NBR 9103, de 2001, para padronização dos corpos-de-prova da tela soldada.

Através destes métodos, deu-se a obtenção dos dados para os estudos comparativos de qualidade.

3.4.1 Determinação da Massa de Revestimento da Galvanização

Começamos com a obtenção das amostras para os arames galvanizados de baixo teor de carbono onde a ABNT NBR 7397, de 2016, sugere para os corpos-de-prova que utilizarão o

método gravimétrico um tamanho de 300mm a 600mm e para o método volumétrico, para os fios de diâmetros entre 1,50mm a 3,0mm um comprimento mínimo de 100mm $\pm$ 5mm (tabela 07).

Tabela 7 - Comprimento dos corpos de prova dos fios de aço galvanizados

Diâmetro Mm	Comprimento mm
$d_1 \leq 0,40$	$3.000 \pm 2,5$
$0,40 < d_1 \leq 1,00$	$300 \pm 2,5$
$1,00 < d_1 \leq 1,50$	$150 \pm 2,5$
$1,50 < d_1 \leq 3,00$	$100 \pm 2,5$
$3,00 < d_1$	$50 \pm 2,5$

Fonte: ABNT NBR 7397

Após a coleta e preparação dos corpos-de-prova, inicia-se o processo do ensaio, para tal, utiliza-se uma das seguintes soluções ácidas para desprender o zinco do metal, ácido clorídrico/cloreto de antimônio III, ácido clorídrico/hexametilenotetramina ou ácido clorídrico/formaldeído.

Os procedimentos para a realização do ensaio são o seguinte:

Método gravimétrico: determina-se a massa do corpo de prova com o revestimento (m_1), em seguida mergulha-se o material totalmente na solução de ataque, neste ponto observa-se até que o desprendimento intenso das bolhas de hidrogênio cesse e que somente algumas bolhas continuem se desprendendo, isso ocorre em um tempo médio de trinta segundos, após esta etapa, lava-se a amostra em água corrente e se necessário for remove-se algumas impurezas que possam estar aderida na superfície esfregando-a, seca-se com jato de ar quente e determinado a massa do corpo-de-prova sem o revestimento (m_2), para os fios de aço, tem-se de medir o diâmetro em dois pontos e fazendo uma média entre as duas medidas assim obtendo um diâmetro do fio testado.

Para o método são necessários os seguintes aparelhos, balança de precisão 0,01g, recipiente de vidro capaz de conter a solução e o corpo de prova, termômetro em graus Celsius que permita medição da temperatura com resolução de 1 °C, micrômetro com resolução mínima de 0,001mm.

Método volumétrico: Antes de iniciar o ensaio deve-se verificar se o nível do reservatório irá encher a bureta até a torneira superior. Feita a verificação inicia-se o processo do ensaio vertendo a solução no reservatório até encher por completo a bureta, ficando uma pequena quantia no reservatório, introduzir o corpo de prova na bureta e imediatamente fechar a torneira

superior, manter o corpo de prova até que os desprendimentos das bolhas cessem e que fiquem poucas bolhas a desprender-se, o tempo da reação química leva cerca de trinta segundos, retirar o reservatório do suporte e colocá-lo ao longo da bureta até que os níveis da solução sejam coincidentes entre bureta e reservatório, anota-se o volume de hidrogênio desprendido e recoloca-se a solução no reservatório, abrindo a torneira superior e posicionando o reservatório abaixo da torneira inferior, retira-se o corpo de prova e mede-se o seu diâmetro (d_2)

Para este método precisa-se de uma bureta de vidro graduada, com resolução de 1ml presa a um suporte com uma torneira na parte superior e outra na parte inferior, sendo a bureta conectada pela parte inferior a um reservatório por uma mangueira de borracha.

Por fim, obtém-se os valores da massa de galvanização através das fórmulas mencionadas no capítulo anterior.

Infelizmente por falta de recursos laboratoriais e pessoas capacitadas para auxiliar no ensaio, não foi possível realizar o teste de determinação da massa de zinco pelos métodos químicos, para tanto foi necessário utilizar um outro aparelho chamado de Medidor de Espessura de Camada Galvânica (figura 12) o qual através de um ímã possibilita determinação da espessura em micras (μm) do revestimento, não é um resultado exato como a do ensaio de determinação da massa de galvanização, no entanto ajudou para a conclusão dos resultados.

Figura 12 - Medidor de Espessura de Camada Galvânica



Fonte: autor, 2018

Neste método, apenas foi preciso encostar o aparelho no material galvanizado, girar o relógio e apertar o botão de disparo, e conforme o relógio vai girando, uma mola interna faz

pressão para arrancar o imã que está preso no metal, e quanto menos galvanização, mais pressão a mola tem de fazer, até que o imã se desprende do metal travando o relógio, assim informando a quantidade de micras aproximadas de zinco existentes no material.

3.4.2 Determinação da Aderência do Revestimento do Zinco

Após obter o corpo de prova, a ABNT NBR 7398, de 2015, não especifica o tamanho dos mesmos, uma vez que não é preciso muito material para o desenvolvimento dos testes, destacam-se dois métodos, o ensaio de enrolamento e o ensaio de incisão, conforme descrito no capítulo anterior, são testes rápidos e simples de serem realizados para a verificação da aderência do revestimento.

Para o teste de enrolamento usa-se um mandril de suporte para enrolar o fio em hélice contínua, atentando para o diâmetro do mandril conforme a espessura do fio (tabela 06), e o teste de incisão utiliza-se uma lâmina de aço afiada para provocar a incisão no zinco até o substrato.

No decorrer do trabalho de conclusão de curso, foi percebido que não havia a necessidade de realizar este ensaio, uma vez que não estava-se testando os fios e sim os pontos de solda nas telas prontas, portanto, como não será manuseado o fio do produto, não foi importante estes testes, pois como a tela já vem soldada, não há material o suficiente para realizar os testes, principalmente o de mandril que precisa de comprimentos superiores a 30cm para executar o teste.

3.4.3 Ensaio de Névoa Salina (Salt Spray)

Para a determinação do tamanho do corpo de prova foi utilizado como base a ABNT NBR 9103, de 2011, embora seja específica para chapas de aço galvanizadas, pois o produto em estudo não tem norma vigente no Brasil ainda, foram adaptados os corpos de prova a uma medida de 15x20cm e pegou-se três amostras de cada modelo das telas dos cinco diferentes tipos, totalizando 15 amostras, sendo elas, três amostras da tela soldada feita apenas com os fios galvanizados de camada leve nos diâmetros de 1,90mm e 2,30mm (Figuras 13 e 14), três amostras de tela soldada produzida apenas com fios de camada pesada também nos diâmetros

de 1,90mm e 2,30mm (figuras 13 e 14) e três amostras da tela soldada fabricada com os dois fios, sendo o fio horizontal com camada pesada e o fio vertical com camada leve na espessura de 1,90mm (figura 13).

Para a execução do ensaio segundo a ABNT NBR 8094, de 1983, deve-se preparar a solução aquosa de ácido com aproximadamente 5% de cloreto de sódio (NaCl), preparada em dissolução de (50 ± 5) g de cloreto de sódio num volume de água que permita a obtenção de 1L de solução, à temperatura ambiente.

O cloreto de sódio deve conter teores de níquel e cobre individualmente inferiores a 0,001% e não conter mais que 0,3% de impurezas totais. O ar comprimido utilizado para dissipação da solução teve uma pressão constante de 70 kPa a 170kPa com uma flutuação máxima de 0,7 kPa, antes de ser colocado na câmara de ensaio o material foi limpo com produtos desengraxantes e desengordurantes, as bordas onde houve o corte do material foram cobertas com tinta de poliuretano a qual não terá influência no teste, a temperatura foi mantida em $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, já a quantidade de solução pulverizada fora bem distribuída.

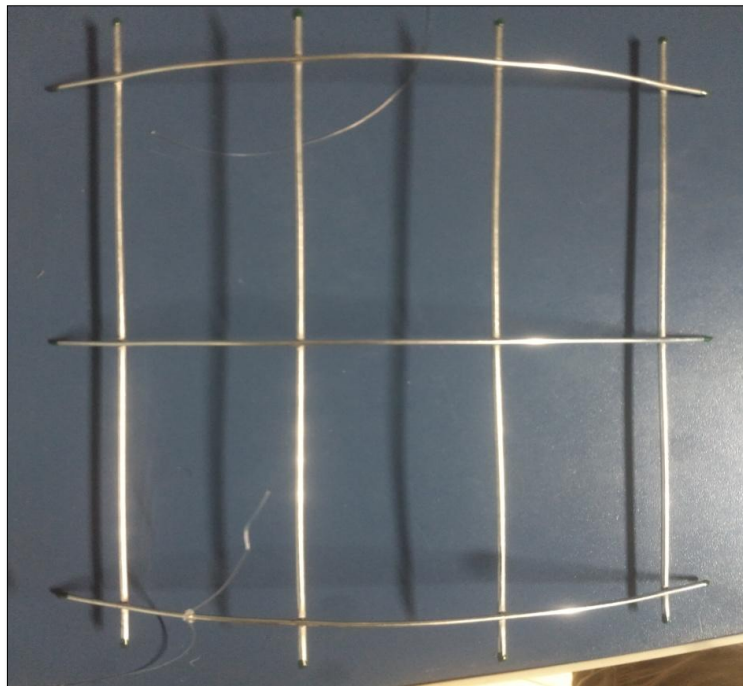
Terminado o ensaio os corpos de prova não foram limpos em água corrente em temperaturas inferior a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a fim de eliminar os depósitos de sais, por conseguinte secando-os, pois fora feito uma avaliação totalmente visual a olho nu, sem a utilização de microscópios, portanto não tendo a necessidade de limpar as amostras.

Imediatamente após a secagem do corpo-de-prova, deveria ser avaliada a extensão da corrosão e outras falhas por meio de microscópios, mas o importante para este trabalho era verificar apenas o tempo para aparição dos pontos de ferrugem, e não até qual camada que a corrosão se estendeu.

O relatório do ensaio contém o objeto e método de ensaio, descrição do corpo de prova, método de limpeza antes a após o ensaio, período de exposição, números de interrupções e motivos, resultados das avaliações e dados julgados relevantes

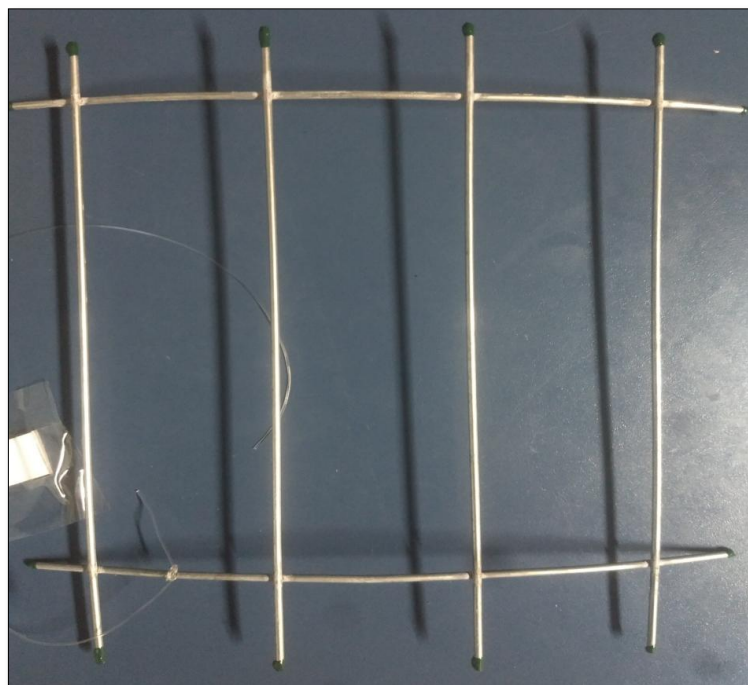
O aparelho necessário para o teste foi a câmara de ensaio com capacidade mínima de $0,4\text{m}^3$, reservatório de solução, fonte de ar comprimido, bicos pulverizadores, suporte de corpos-de-prova, dispositivo para aquecimento da câmara, meios para o controle das condições de operação.

Figura 13 - Amostra Tela Soldada 1,90mm (malha 5x10cm)



Fonte: Autor, 2018

Figura 14 - Amostra Tela soldada 2,30mm (Malha 5x15cm)



Fonte: Autor, 2018

3.5 Técnicas e Instrumentos de Coleta de Dados

Após a coleta dos dados dos ensaios laboratoriais, passou-se a analisá-los e realizar estudos comparativos, tomando por base o custo que a tela soldada chega até o consumidor final, com relação ao custo de fabricação da tela e o que representa em percentual os custos da utilização do fio com camada pesada de galvanização, com a camada leve de galvanização e/ou com a tela soldada de fios mistos sendo um com camada pesada de galvanização e outro com a camada leve de galvanização na composição de custos finais da tela comparados ao tempo de durabilidade, se vale comprometer ou não a qualidade do produto, e se, de fato essa diferença de valores chegará até o cliente.

Além das tabelas e gráficos foram apresentados também as análises da qualidade dos fios e das telas, com fotos de cada processo apontando as falhas e acertos dos materiais em questão sejam eles os arames ou a tela.

4.0 RESULTADOS E ANÁLISE

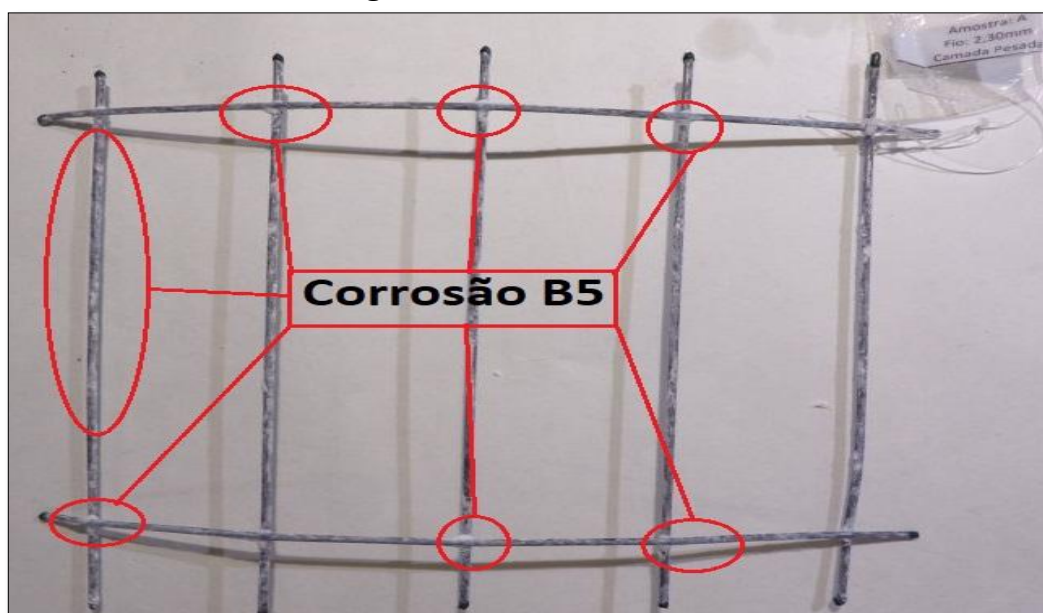
4.1 Câmara de Névoa salina

Os ensaios foram realizados no LACOR (laboratório de corrosão da UFRGS) iniciando-se no dia 01 de outubro de 2018 e tendo sua finalização no dia 18 de outubro.

Para a realização dos testes era preciso definir um ponto para observação, onde queria que fosse analisado a corrosão, por exemplo, o local mais frágil para o acontecimento da corrosão ou o ponto de estudo, portanto foi pedido para às laboratoristas que parassem os testes quando a ferrugem vermelha atacasse no ponto de solda.

Conforme notaremos, a corrosão branca inicia-se nas primeiras 24hrs de ensaio em todas as amostras, no seu grau máximo (figura 15), no entanto, esta é benéfica para o produto, pois como o material está sendo agredido, o zinco cria uma camada protetora chamada de oxido de zinco, o qual se transformaria em carbonato de zinco ajudando assim a evitar a ferrugem vermelha protegendo o material.

Figura 15 - Corrosão branca



Fonte: Autor, 2018.

No relatório tem-se as siglas “V” e “B” que correspondem respectivamente a corrosão Vermelha e corrosão Branca, junto com os graus de ferrugem que são eles, 0 – Perfeito, 1 –

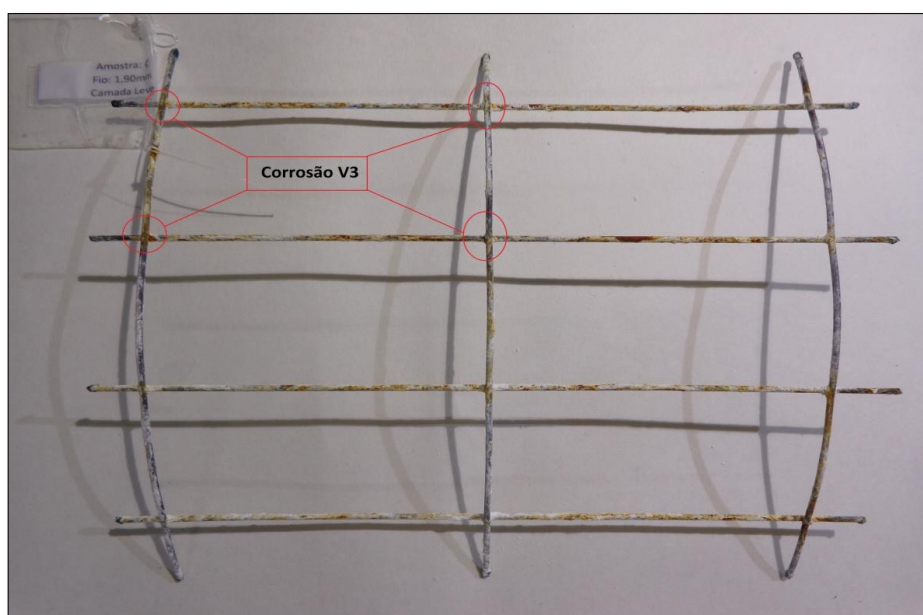
Pontos em Áreas Localizadas, 2 – Pontos em Geral, 3 – Áreas Localizadas, 4 – Parcial: Pontos e Áreas e 5 – Total. (Anexos 1, 2, 3 e 4)

As amostras eram verificadas sempre dentro do período de 24hrs, e assim que aparecesse ferrugem nos pontos de solda, eram tiradas fotos e anotado o grau de corrosão que se encontravam as amostras.

As primeiras amostras a apresentarem corrosão vermelha na solda foram às telas nos fios 1,90mm e 2,30mm com camada leve, lembrando que além de ser camada leve, (a tela 2,30mm ainda passa por um processo de retrefila do fio, o que diminui a camada de zinco disposta no arame do produto).

Portanto após 96hrs de ensaio as amostras começaram a apresentar a oxidação vermelha, onde, na amostra com o fio 1,90mm obtemos o grau de corrosão “V3 – áreas localizadas” (figura 16).

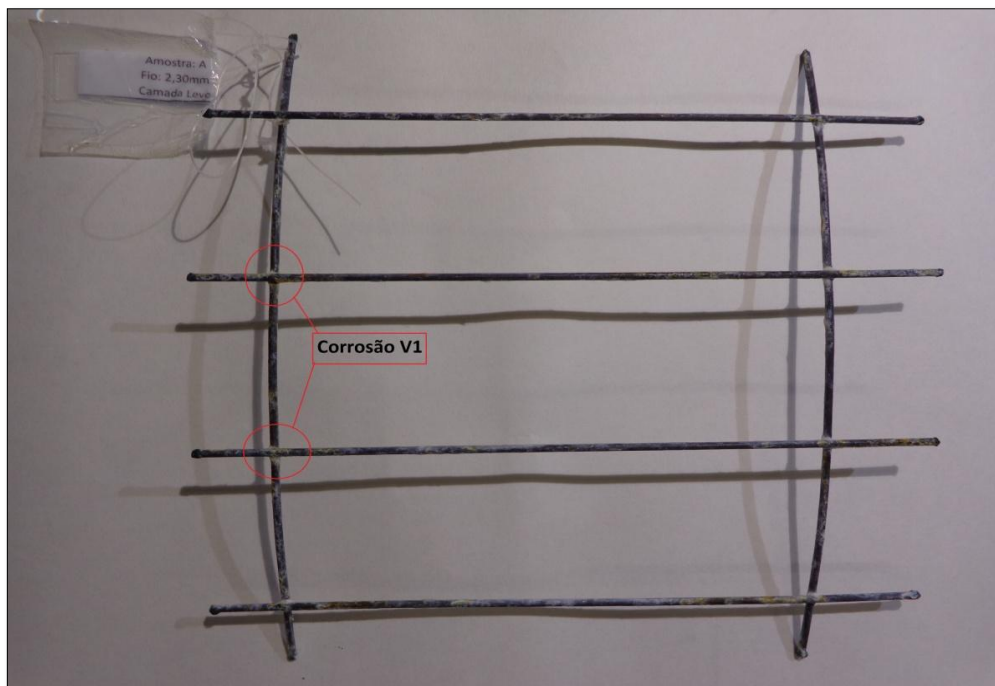
Figura 16 - Corrosão ponto de solda a 96hrs fio 1,90mm camada leve



Fonte: Autor, 2018

Já na amostra do fio 2,30mm, embora retrefilado, o que diminui sua espessura de galvanização, obtemos o grau de corrosão “V1 – pontos em áreas localizadas”, mesmo sendo próximas as espessuras de zinco, o fio 2,30mm obtém um melhor desempenho que o fio 1,90mm a 96hrs devido a espessura do fio ser maior (figura 17)

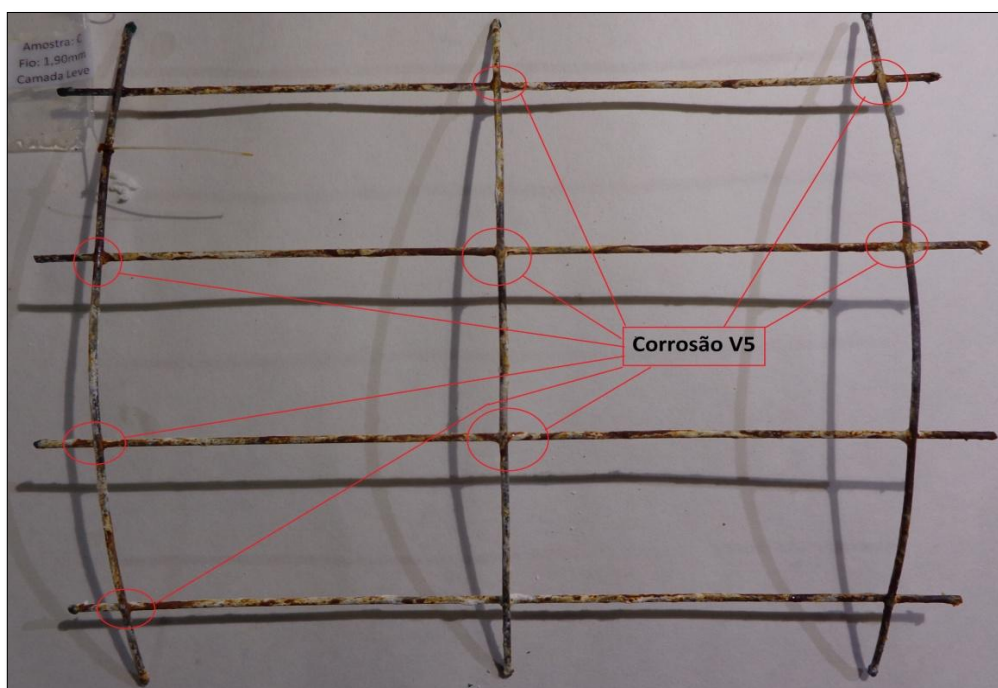
Figura 17 - Corrosão no ponto de solda a 96hrs fio 2,30mm camada leve



Fonte: Autor, 2018

O ensaio continuou até que em 168hrs de testes quando a tela 1,90mm apresentou grau de corrosão “V5 - Total” (figura 18).

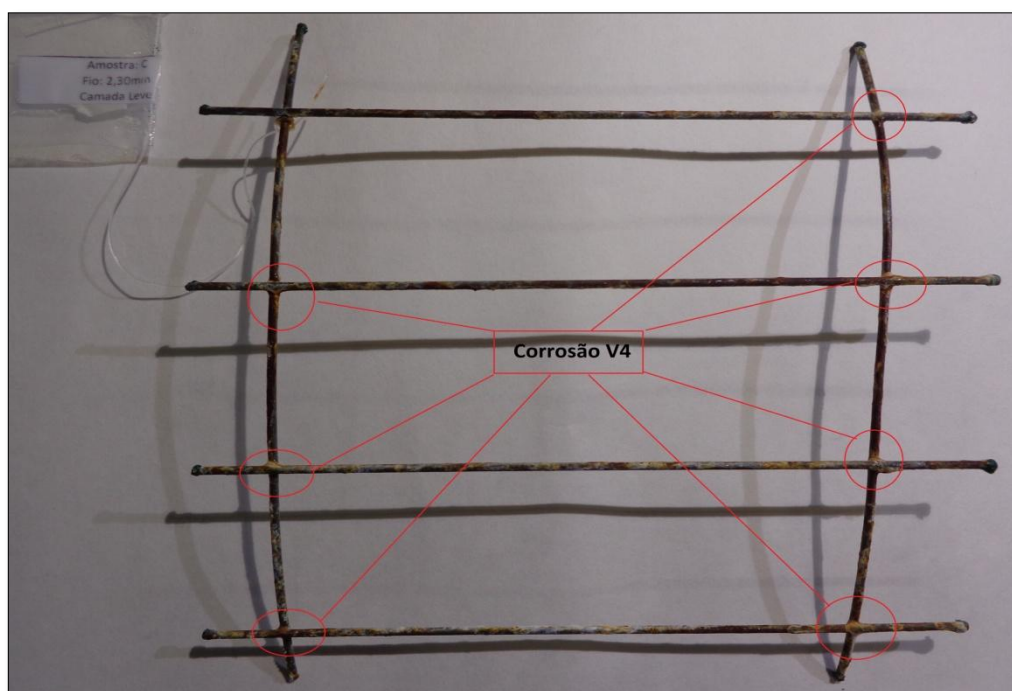
Figura 18 - Corrosão no ponto de Solda a 168hrs fio 1,90mm camada leve



Fonte: Autor, 2018

Com a amostra da tela no fio 2,30mm camada leve, após passadas 168hrs de ensaio, obtemos o grau de corrosão “V4 – Parcial: Pontos e Áreas” (figura 19), ficando bem próximo do resultado da tela no fio 1,90mm dando assim por encerrado os ensaios com os arames de camada leve.

Figura 19 - corrosão no ponto de Solda a 168hrs fio 2,30mm camada leve



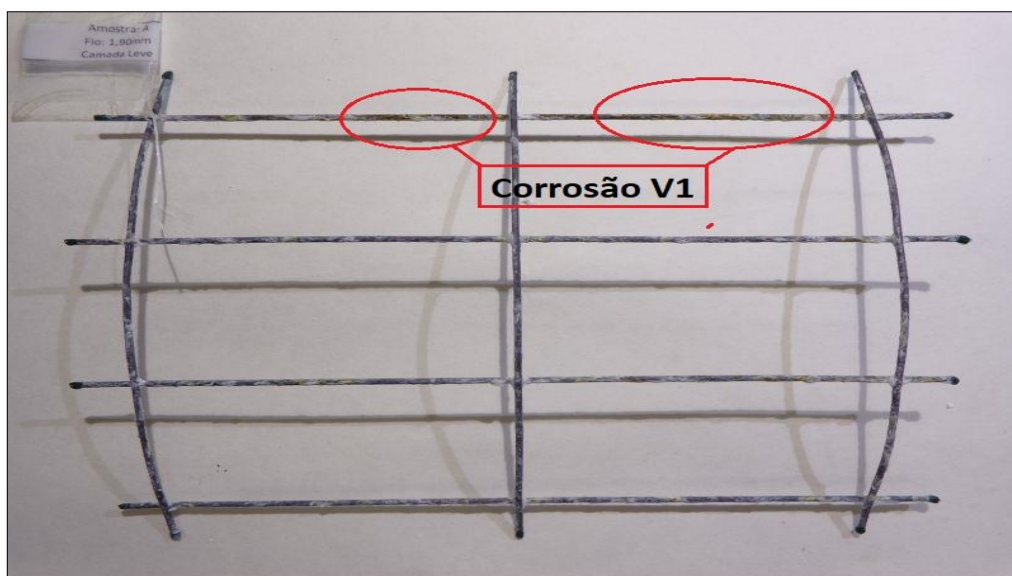
Fonte: Autor, 2018

Notou-se, no entanto, que antes mesmo de começar a ferrugem no ponto de solda, diferentemente do comportamento esperado, o fio liso da na tela 1,90mm camada leve começou a ferrugem vermelha “V1 – Pontos em áreas localizadas” (figura 20), 48hrs antes do ponto de solda iniciar a corrosão.

Arame esse fornecido pela fabricante “A”, no próximo capítulo analisaremos o fio com o medidor de camada galvânica e apontaremos o motivo do fio ter tido um desempenho tão ruim na câmara de névoa salina, comparando-o com o fio 2,30mm.

Portanto, pela pouca quantidade da galvanização no fio, a proteção contra a oxidação no ponto de solda através da proteção anódica do zinco pode ter sido afetada, causando a diferença de desempenho entre os dois fios, 1,90mm e 2,30mm, além das suas devidas espessuras.

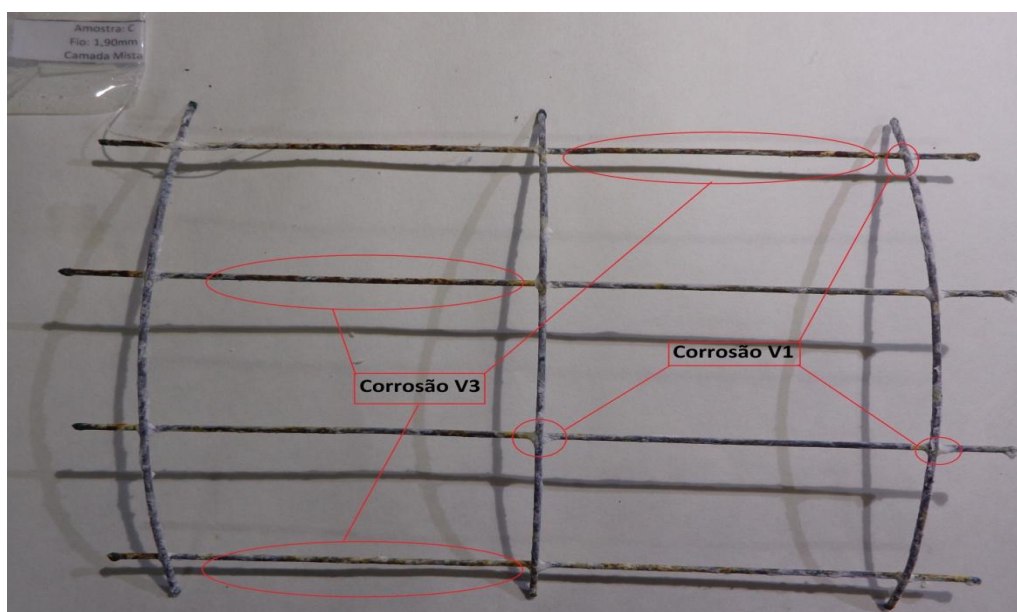
Figura 20 - Corrosão vermelha a 48hrs no fio da tela 1,90mm camada leve



Fonte: Autor, 2018

A tela no fio 1,90mm mista (fabricada com os fios de camada leve em um sentido e camada pesada no outro) apresentou ferrugem vermelha “V1 – Pontos em áreas Localizadas” a 168hrs de ensaio nos pontos de solda, porém apresentou ferrugem vermelha “V3 – áreas localizadas” nos arames que continham a camada leve de galvanização, contudo os arames que tinham a camada pesada, apenas apresentaram a ferrugem branca “B5 – Total ”. (Figura 21)

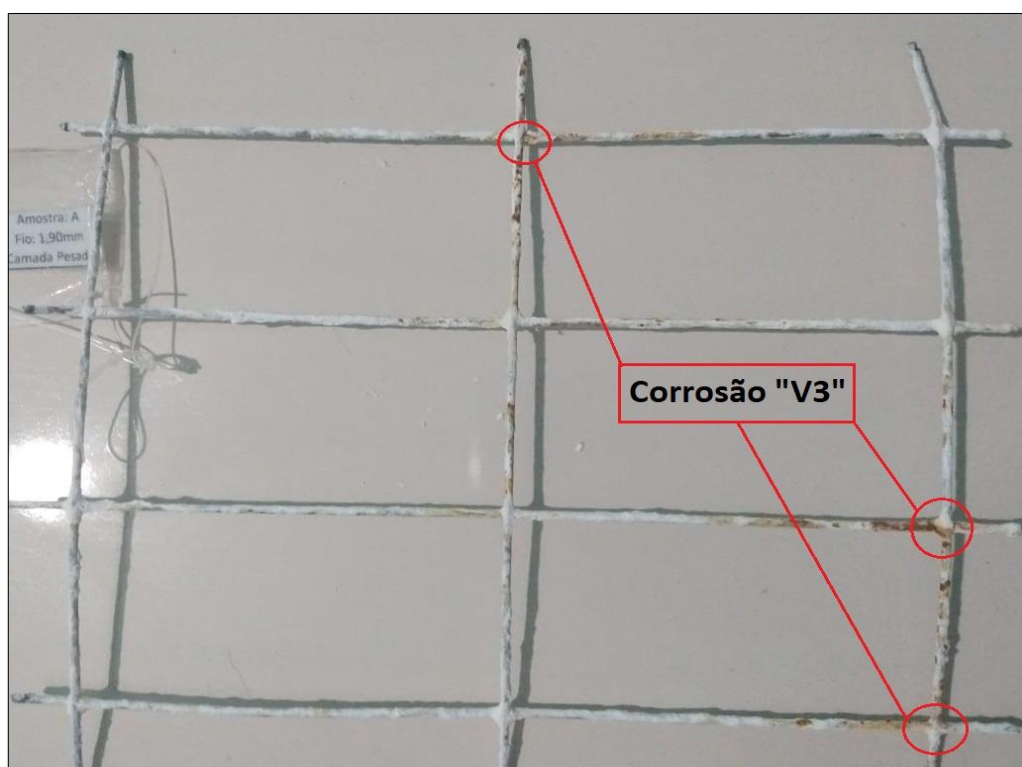
Figura 21 - Corrosão no ponto de solda a 168hrs fio 1,90mm camada mista



Fonte: Autor, 2018

Chamou a atenção no ensaio de névoa salina com as amostras de telas que continham o fio de camada pesada, pois a tela 1,90mm com a camada pesada durou o dobro de horas que a tela 1,90mm com os fios mistos, ou seja, 336hrs de testes para chegarmos a corrosão vermelha “V1 – Pontos em áreas localizadas” a qual se estendeu até 384hrs de ensaio, quando a corrosão vermelha chegou a categoria “V3 – Áreas Localizadas” e uma boa parte dos fios ainda continuam a oxidação “B5 – Total” terminando o ensaio para estas amostras de telas (figura 22).

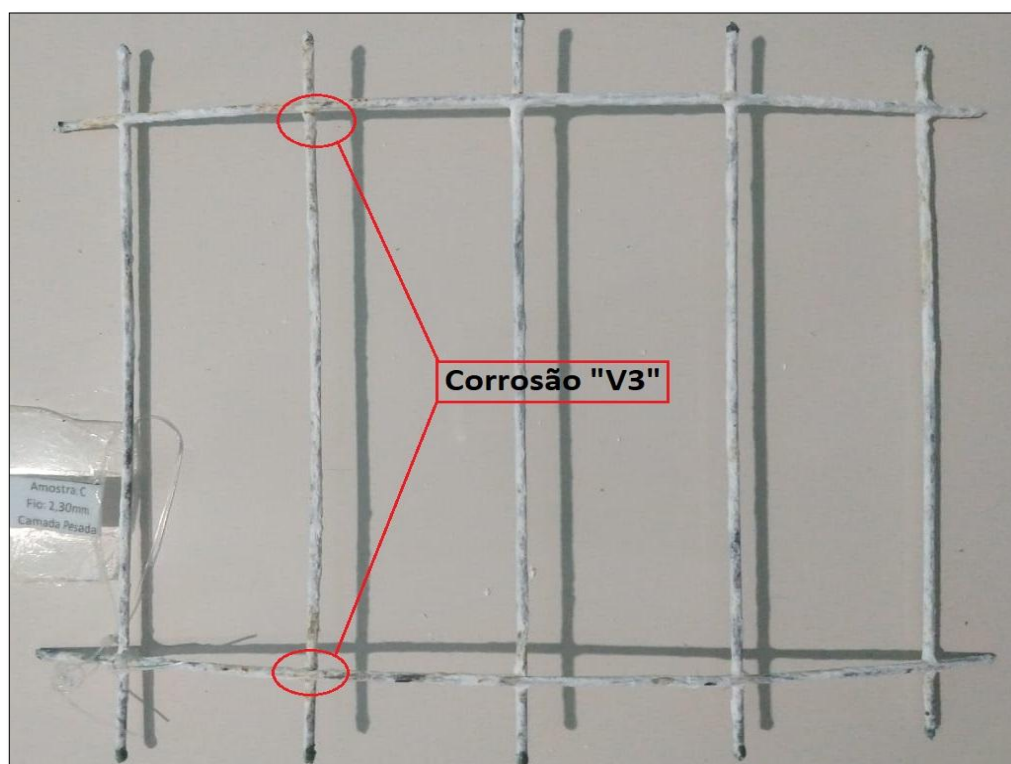
Figura 22 - Corrosão vermelha a 384hrs no fio da tela 1,90mm camada pesada



Fonte: Autor, 2018

A tela soldada no fio 2,30mm com camada pesada em comparação com a tela soldada 2,30mm com camada leve (retrefilada) teve quase 4,25x de durabilidade a mais chegando a 384hrs de ensaio para obtermos a corrosão vermelha “V1 – Pontos em áreas localizadas” em alguns pontos de solda, e após 408hrs de ensaio obtemos a corrosão vermelha “V3 – Áreas localizadas” (figura 23), dando-se por encerrado as análises das amostras na câmara de névoa salina para todas as devidas amostras.

Figura 23 - Corrosão vermelha a 408hrs no fio da tela 2,30mm camada pesada



Fonte: Autor, 2018

4.2 Camada de Galvanização

Conforme o capítulo 3, além da utilização da câmara de névoa salina, foi preciso realizar o ensaio de determinação de massa de revestimento de galvanização, no entanto não foi possível realizar o teste nas dependências da UNISC, pois não havia profissional qualificado para auxiliar no teste.

Portanto foi preciso achar outra maneira de verificar a camada de galvanização, o método de substituição foi através de um aparelho de medição de espessura de camada galvânica, disponibilizado pelos laboratórios da instituição de ensino UNISC, conforme a figura 24.

Figura 24 - Medição da camada galvânica fio 2,30mm leve retrefilado



Fonte: Autor, 2018

Feitas as medições, elas foram anotadas e inseridas na tabela 8, a qual será usada para comparação entre os produtos.

Para tanto, foi possível fazer apenas uma breve comparação das camadas de galvanização, começando com as camadas de galvanização leve, onde o fio 2,30mm leve retrefilado ficou um pouco acima de 20 μm (Tabela 8) fornecido pela empresa “D”, infelizmente não foi possível saber a quantia de gramas exatas por metro quadrado que o material contém, mas ficou próximo de camadas de galvanização Eletrolítica.

Chamou a atenção os arames 2,00mm camada leve (utilizado para fabricar a tela 1,90mm camada leve, para suprir a falta de suprimentos arame da fabricante B), fornecido pela empresa empresa A, segundo os testes de qualidade que vem junto do material fornecido pelo fabricante (anexos 5 e 6), onde a menor camada deveria ter 50g/m² de zinco para medidas de 1,95mm e conforme a medição com paquímetro, o fio teve a medida de 2,00mm, onde deveria ter pelo menos 80g/m² e quando comparados com o fio 1,90mm da fabricante B, o qual segundo controles de qualidade (anexos 7 e 8), tem na média 70g/m².

Podemos perceber que os valores dos controles de qualidade diferem dos fornecidos pelo fabricante “A” conforme os resultados medidos com o medidor de camada galvânica, onde o

arame 2,00mm ficou com menos de 20 μm e o arame 1,90mm teve o resultado acima de 30 μm (Tabela 8).

Prestando atenção nos certificados fornecidos pelas duas empresas, notamos algumas diferenças, o controle fornecido pela empresa A, segue padrões de bitolas mínimas, médias e máximas, e conforme variam essas bitolas tem-se mais ou menos galvanização sem dizer mais nada, além do peso total do lote.

Já o certificado da empresa B, os lotes variam muito mais, com pesos do lote bem menores do que a empresa A, conforme podemos observar, e que na prática, o lote da empresa B condiz muito mais com a realidade, pois para se produzir os arames galvanizados é necessário o fio máquina que vem em bobinas de peso máximo de 2,1 toneladas, e a cada troca de bobinas, se produz um novo lote, pois inicia-se todo o processo de galvanização de novo, mudando a disposição do fio na cuba de galvanização, bem como velocidade percorrida pelo fio, temperatura do zinco e variação do limite de resistência, ou seja, é muito difícil fazer um lote tão grande e com as mesmas características.

Seguindo com as comparações, chegamos nas telas fabricadas com os arames de camada pesada, como foram pegas amostras no mercado local, não temos os certificados de qualidade da empresa fabricante das telas no fio 1,90mm e 2,30mm, identificada como empresa “C” quanto a galvanização, no entanto como feito anteriormente com as telas de arames galvanizados leves, foram medidas as camadas de espessura das telas especificadas acima, com o fio 1,90mm da empresa C obtemos um pouco menos de 60 μm , já no fio 2,30mm temos um valor próximo de 70 μm (Tabela 8), que segundo a fabricante, as telas devem ter uma camada de galvanização entre 210g/m² - 240g/m².

Quando comparados com o fio 1,90mm camada pesada, fornecido pela empresa B, arame esse, que fora utilizado na fabricação da tela soldada mista, que conforme os seus certificados tem uma média de 210g/m² - 347g/m² (anexos 9 e 10), existe uma camada superior a 80 μm de galvanização (Tabela 8).

Encerrando assim as análises da qualidade das galvanizações fornecidas pelas empresas fabricantes de arames e telas, bem como os resultados obtidos na câmara de névoa salina, comprovando a qualidade dos produtos.

Tabela 8– Medições das camadas galvânicas

Espessura do fio	Camada de galvanização	Fabricante	Espessura da camada galvânica
1,90mm	Leve	B	31 µm
1,90mm	Pesada	B	80 µm
1,90mm	Pesada	C	59 µm
2,00mm	Leve	A	17 µm
2,30mm	Leve Retrefilada	D	20 µm
2,30mm	Pesada	C	68 µm

Fonte: Autor, 2018

4.3 Análises de Valores versus Qualidade

Conforme observado nos itens anteriores surgiram algumas surpresas de desempenhos, na câmara de névoa salina, frente a fornecedores e produtos com as distintas galvanizações, no gráfico da tela 1,90mm (figura 25) nota-se que a tela com galvanização leve e mista não tiveram um desempenho tão bom quanto o esperado.

A tela com a camada leve, em 96hrs de ensaio já teve seu primeiro ponto de corrosão na solda e identificado de “V3”, enquanto a tela soldada mista, começou a oxidação no ponto de solda com 168hrs identificado como corrosão “V1”, metade do tempo que a tela soldada com camada pesada levou para oxidar no ponto de solda, 336hrs.

Com base nos preços de arames fornecidos pelas siderúrgicas, pôde-se calcular que a diferença de custos é muito pouca frente a diferença de durabilidade nos ensaios, pois temos uma diferença de custos de 13% entre as telas soldadas galvanizadas leve e pesada, e uma diferença de 6,5% entre os preços das telas soldadas mista e pesada (Tabela 09).

Analizando o gráfico da tela do fio 2,30mm, nota-se que a tela soldada com o fio de galvanização leve (retrefilado), durou 72hrs sem corrosão, já a tela soldada com o fio de galvanização pesada, teve 336hrs de durabilidade antes de qualquer ferrugem, e nas suas 384hrs de testes vem sua primeira corrosão identificada com o grau “V1” e nas suas 408hrs obteve o grau de corrosão “V3”, enquanto que o modelo que continha galvanização leve, levou apenas 96hrs para obter a corrosão de grau “V3”, atestando que a quantidade de galvanização do arame é fundamental para a durabilidade do produto, na câmara de névoa Salina.

Quando analisadas as telas soldadas no fio 2,30mm galvanização leve (retrefilado) e a tela 2,30mm galvanização pesada, nota-se uma grande diferença de durabilidade em relação a

névoa salina (figura 26), o que não se reflete no preço do produto, onde há menos de 6% da diferença de preços entre um produto e outro (Tabela 09).

Tabela 9 – Relação de custos dos materiais

Material	Fio (mm)	Custo (R\$/m²)
Tela soldada Galvanização Leve	1,90mm	R\$ 1,00*
Tela soldada Mista	1,90mm	R\$ 1,06*
Tela soldada Galvanização Pesada	1,90mm	R\$ 1,13*
Tela soldada Galvanização Leve Retrefilada	2,30mm	R\$ 2,00*
Tela soldada Galvanização Pesada	2,30mm	R\$ 2,12*

*Valores simbólicos

Fonte: Autor, 2018

Os gráficos a seguir foram montados com os dados obtidos através do ensaio de névoa salina, os valores abaixo foram baseados apenas na corrosão vermelha, a qual é mais significativa, pois ao aparecer significa que a camada de zinco foi comprometida.

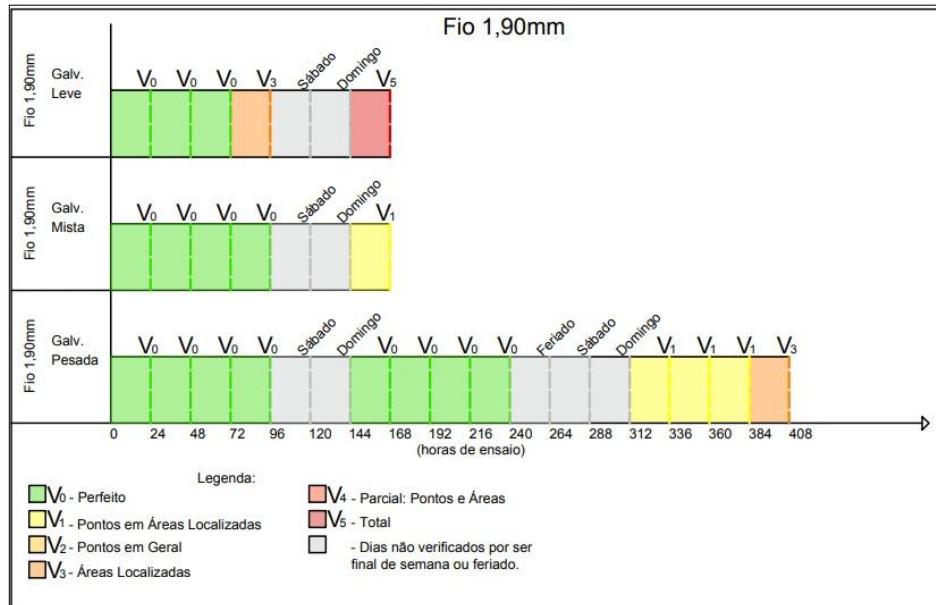
Como veremos, temos seis graus de análise da oxidação vermelha, fornecido nos laudos do laboratório LACOR, onde temos o seguinte, V0 – perfeito, não há ocorrência de oxidação vermelha, V1 – Oxidação de pontos em áreas localizadas, V2 – Oxidação de pontos em Geral, V3 – Oxidação em áreas localizadas, V4 – Oxidação parcial, onde temos pontos e áreas, V5 – Oxidação geral.

Observaremos que para cada grau de corrosão há também suas devidas cores, as quais saem do verde para V0 e vão indo em degrade para o vermelho conforme aumenta o seu grau de corrosão.

Como as verificações foram todas realizadas no período de 24hrs, o gráfico foi dividido em períodos iguais aos das aferições, e a cada seção são anotados os graus de oxidação bem como suas cores para melhor visualização.

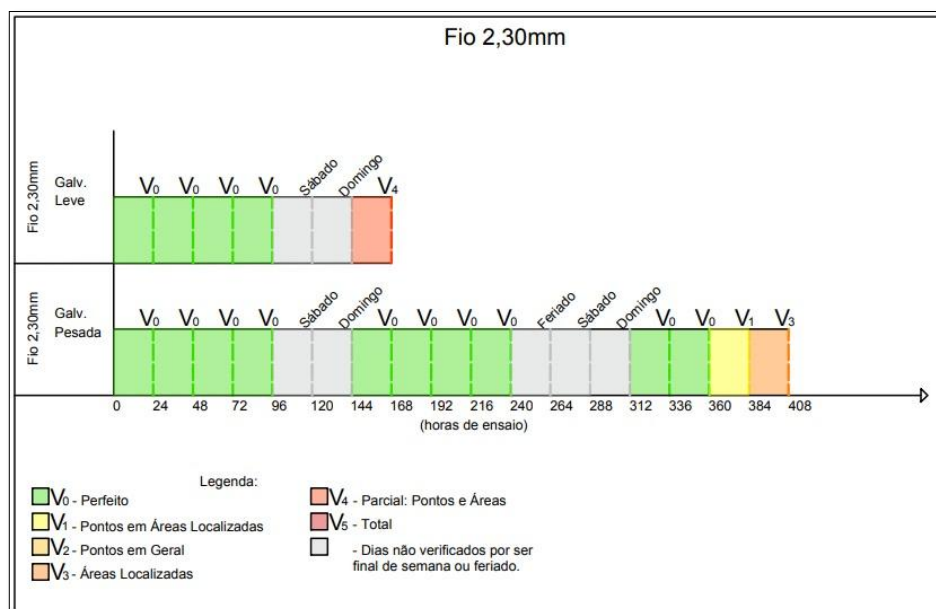
Como o ensaio é contínuo e extenso, percorrendo vários dias seguidos, teremos nos gráficos períodos em que não houveram expediente dos laboratoristas, que são nos dias de sábados, domingos e feriados, portando não havendo dados desses dias, e que foi colocado a cor cinza para representar a não obtenção dos mesmos.

Figura 25 - Gráfico de relação da durabilidade na câmara de névoa salina (*Salt Spray*) entre as telas soldadas produzidas com o fio 1,90mm



Fonte: Autor, 2018

Figura 26 - Gráfico de relação da durabilidade na Câmara de névoa salina (salt spray) entre as telas soldadas produzidas com o fio 2,30mm



Fonte: Autor, 2018

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho de conclusão de curso foi possível aprofundar um pouco mais o conhecimento sobre os arames galvanizados, desde a dificuldade de instalar usinas que produzam o fio máquina e posteriormente a trefila e galvanização do mesmo, além dos diferentes métodos de galvanização existentes.

Com manuais dispostos em sociedades destinadas a produtos galvanizados, foi possível aprofundar como a galvanização baseada no zinco funciona, podendo absorver um conhecimento mais técnico de como o zinco age no produto em que está aderido e como fazer para recuperar o material que já entrou em processo de corrosão, identificando as ferrugens por suas cores, branca, vermelha e preta.

Com o auxílio das Normas Técnicas Brasileiras, é possível inserir na produção do produto um maior controle de qualidade, através dos ensaios de resistência a tração do fio, testes de espessura de galvanização e sua aderência, podendo assim serem aceitos ou não os lotes de arames, auxiliando para que os produtos finais tenham melhor desempenho quando se tratar em qualidade.

Quando conhecemos a câmara de névoa salina, um ensaio pouco difundido de controle de qualidade, simples, mas muito eficiente para se fazer comparações com os produtos galvanizados, onde se pôde desmistificar algumas informações que as empresas falam aos comerciantes, que as vezes não condizem com a realidade, vê-se que é um teste muito importante para indústrias do ramo de telas saberem o que estão vendendo/produzindo, mas a verdade é que poucas delas conhecem, e as poucas que conhecem, não utilizam esse serviço por acharem ser muito caro, e também devido à baixa disponibilidade em universidades, ou mesmo laboratórios destinados a esses testes.

A obtenção dos materiais e preparação foi rápido, uma vez que as amostras foram adquiridas no comercio local de Santa Cruz do Sul.

Após todos os estudos tanto bibliográficos quanto os testes físicos (principalmente), foi possível concluir que o ponto de solda da tela soldada, seja ela com galvanização leve, galvanização misturada onde um fio tem a galvanização leve e no outro sentido galvanização pesada, chamada aqui de galvanização mista ou a tela soldada produzida com a galvanização pesada, não será um ponto frágil da tela, pois embora sofra agressão da solda, assim que o aço entra em exposição ao ar, a camada de zinco entra em ação e transfere a proteção da camada de zinco para o ponto sem galvanização, protegendo por meio anódico o local desprotegido e os locais que mais tinham a corrosão branca, eram exatamente os pontos de solda, que começaram

sua corrosão vermelha junto com o início da ferrugem dos arames, desmistificando por vez que a solda é o ponto mais frágil para ferrugem.

Embora tivessem bastantes diferenças de horas para os materiais enferrujarem frente à câmara de névoa salina (*salt spray*) quando instalado ao tempo, não haverá tamanha diferença de durabilidade, pois em média um arame galvanizado leve com 70g/m² dura na cidade de Santa Cruz do Sul de 10-13 anos, enquanto uma tela soldada com galvanização pesada, dura uma média de 15-20 anos, portanto, o dióxido de zinco (ferrugem branca) que se originou do zinco ou mesmo a camada de sal que ficou sobre o fio, influenciou diretamente na durabilidade dentro da câmara de névoa salina, como observa-se nas fotos das amostras, as telas com camada pesada, tiveram uma camada bem espessa do dióxido de zinco, diferente das telas soldadas com galvanização leve, que criaram uma camada bem superficial, fazendo os testes se encerrarem com poucas horas, divergindo da durabilidade real ao tempo

Quanto à diferença de preços, embora pequena, vê-se diariamente os clientes optarem sempre pela opção mais em conta possível, tanto por causa da conjuntura da economia atual, quanto pelo fato de precisar cercar seu terreno devido à alta violência no país e não ter dinheiro para tal, outrora pela instalação de cercas provisórias.

Portanto a sugestão para próximos trabalhos, seria analisar se o dióxido de zinco pode influenciar nos testes da câmara de névoa salina, fazendo os produtos com mais quantidade de zinco ensaiados terem um desempenho melhor que os outros com menor quantidade de galvanização durante o devido ensaio.

Na figura 11, houve o surgimento da corrosão vermelha porque o material havia sido fabricado recentemente, e portanto, não dando tempo para a proteção anódica do zinco agir sobre o aço exposto, no entanto com o passar dos dias, o vermelho deu espaço à corrosão branca, que nada mais é que o dióxido de zinco que logo se tornará em carbonato de zinco, protegendo o ponto de solda.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR 6207: Arame de Aço – Ensaio de Tração – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1982.

_____. *NBR 6331: Arame de aço de baixo teor de carbono, zincado, para uso geral – Especificações. Rio de Janeiro, 2010.*

_____. *NBR 7397: Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente – Determinação da massa do revestimento por unidade de área – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016*

_____. *NBR 7398: Produto de aço e ferro fundido galvanizado por imersão a quente – Verificação da aderência do revestimento – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2015*

_____. *NBR 8094: Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina. Rio de Janeiro, 1983*

_____. *NBR 8824: Material metálico revestido e não revestido – Corrosão por exposição à névoa salina cuproacética. Rio de Janeiro, 1985*

_____. *NBR 9103: Protetivos temporários contra corrosão – Preparação de corpos-de-prova para ensaios. Rio de Janeiro, 2001*

_____. *NBR 14643: Corrosão atmosférica – classificação da corrosividade de atmosferas. Rio de Janeiro, 2001*

BBC NEWS BRASIL, matéria publicada em 10/07/2017. Disponível em: <
https://www.bbc.com/portuguese/geral-40494428?ocid=socialflow_facebook> Acessado em
07/02/2018.

BUZZONI, H.A. Galvanoplastia. 2º Ed. São Paulo. Editora Ícone, 1991.

CANALE, Lauralice. Material didático de aula. USP Acesso virtual às disciplinas, disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3367584/mod_resource/content/1/Aula%203-Diagrama%20Ferro%20Carbono.pdf> Acessado em: 03/06/2018

Catálogo de Proteção do Aço, Associação de Galvanizadores por imersão a quente da África do Sul, 6ª Edição, Instituto dos metais não ferros, disponível em: <
<http://www.icz.org.br/upfiles/arquivos/publicacoes/protecao-do-aco-hdg-e-sistema-duplex.pdf>
> Acessado em 18/06/2018

DIAS, Luis Andrade de Mattos. Edificações de Aço no Brasil. São Paulo: Zigurate, 1999.

FERRAZ, Henrique. O aço na construção civil. CDCC USP, núm. 22, out./nov./ dez./ 2003

GALVINFO CENTER, Instituto de metais não ferrosos, disponível em:
<http://www.icz.org.br/site/pdf/galvanizacao/GalvInfoNote_3_4.pdf> Acessado em:
02/06/2018

GENTIL, V. Corrosão. 3ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 1996

HECK, Nestor Cezar. Microestrutura. UFRGS. [S.D.]. Disponível em:
<<http://www.ct.ufrgs.br/ntcm/graduacao/ENG06638/IEM-Texto-8.pdf>>. Acesso em:
03/06/2018

INSTITUTO DO AÇO BRASIL, disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site2015/siderurgia_brasil.html> Acessado em: 29/05/2018

MATLOCK, D.; Speer, J. Microalloying concepts and application in long products. Materials Science and Technology, 2009

MELLO, Luiz Leite Bandeira de. Metalurgia. 2ª Edição. São Paulo Editora Brasiliense, 1979.

PALATNIK, Sidnei. Ensino a distância de Estruturas de Aço. 2011. 194 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2011.

PANNONI, F. D. Aços estruturais. <http://www.engmarcoantonio.com.br/cariboost_files/A_C3_A7os_estruturais.pdf> Acessado em: 01/06/2018

PETRÓLEO E CONSTRUÇÃO NAVAL. Corrosão – Maior Inimigo da Indústria do Petróleo. Disponível em: <<http://petrogasenaval.blogspot.com/2016/07/corrosao-maior-inimigo-da-industria-do.html>> Acessado em 29/10/2018.

REVISTA DO AÇO, A eficiência da galvanização a fogo no aumento da vida útil dos tubos 08/01/2018, disponível em: <<http://www.revistadoaco.com.br/a-eficiencia-da-galvanizacao-a-fogo-no-aumento-da-vida-util-dos-tubos/#prettyPhoto>> Acessado em: 15/06/2018

SLIDE PLAYER, Noções Básicas Sobre Aço Galvanizado, Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/10208701>> Acessado em 16/06/2018

ZEMPULSKI, L. N.; ZEMPULSKI, M. F. Dossiê Técnico: Galvanização eletrolítica. Editora Instituto de Tecnologia do Paraná TECPAR. 2007 disponível em: <<http://sbri.ibict.br/dossie-tecnico?dossie=MTM0>> Acessado em 03/05/2018

ANEXOS

ANEXO 1: Ficha de ensaio do Laboratório LACOR página 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS
LABORATÓRIO DE CORROÇÃO,
PROTEÇÃO E RECICLAGEM DE MATERIAIS



Documento nº.: 02.02.03.03/05

ACOMPANHAMENTO DE ENSAIO DE NÉVOA SALINA DE REVESTIMENTOS - NBR, ASTM e ISO

SOLICITAÇÃO Nº.: <u>145 ENH 1043</u> N° Cadastro Cliente: <u>7236/2022/028</u> Data/hora de início ensaio: <u>01/10/18 11h</u>																																												
Identificação interna: <u>-</u>																																												
Descrição: <u>ACO GALVANIZADO</u>																																												
ENSAIO / NORMA	Névoa Salina / NBR 8094, ASTM B 117 e ISO 9227 Teste NSS																																											
AVALIAÇÃO	☒ Espessura ☐ Corrosão ☐ Outra:																																											
RESULTADOS																																												
Amostras	Revestimento		Metal Base		Revestimento																																							
	Material Metálico Base	Material	Esp (µm)		DATA DA AVALIAÇÃO / PERÍODO (HORAS)																																							
A	ACO	GALV.			02/10 03:10	04/10 05:10	06/10 08:10	08/10 10:10	10/10 12:10	12/10 14:10	14/10 16:10	16/10 18:10	18/10 20:10	20/10 22:10	22/10 00:10	24/10 02:10	26/10 04:10	28/10 06:10	30/10 08:10	01/11 10:10																								
B	ACO	GALV.			24h 14h	72h 14h	168h 14h	192h 14h	24h 14h	48h 14h	72h 14h	96h 14h	120h 14h	144h 14h	168h 14h	192h 14h	216h 14h	240h 14h	264h 14h	288h 14h																								
C	ACO	GALV.			V0	V0	V3	V4	-	-	B4	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5																								
A	ACO	GALV.			V0	V0	V3	V4	-	-	B4	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5																								
B	ACO	GALV.			V0	V0	V3	V4	-	-	B4	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5																								
C	ACO	GALV.			V0	V0	V3	V4	-	-	B4	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5	B5																								
Rubrica do Laboratorista																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="3">Aspecto ou Acabamento</th> <th colspan="5">Graus de Corrosão</th> </tr> <tr> <td>B - Branco</td> <td>V - Vermelho</td> <td>Vd - Verde</td> <td>0 - Perfeito</td> <td>1 - Pontos em geral</td> <td>2 - Pontos em áreas localizadas</td> <td>3 - Áreas localizadas</td> <td>4 - Parcial: pontos e áreas</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Norma: NBR 10443</td> <td colspan="5">Parâmetro: Espessura</td> </tr> </table>																					Aspecto ou Acabamento			Graus de Corrosão					B - Branco	V - Vermelho	Vd - Verde	0 - Perfeito	1 - Pontos em geral	2 - Pontos em áreas localizadas	3 - Áreas localizadas	4 - Parcial: pontos e áreas	Norma: NBR 10443			Parâmetro: Espessura				
Aspecto ou Acabamento			Graus de Corrosão																																									
B - Branco	V - Vermelho	Vd - Verde	0 - Perfeito	1 - Pontos em geral	2 - Pontos em áreas localizadas	3 - Áreas localizadas	4 - Parcial: pontos e áreas																																					
Norma: NBR 10443			Parâmetro: Espessura																																									
OBSERVAÇÕES: <u>LUIS - ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u> <u>ENH 1043</u>																																												

LABORATORISTA: B

Data: 10/10/18

Página 1 de 4

ANEXO 2: Ficha de ensaio do Laboratório LACOR página 2

Documento nº.: 02.02.03.03/05

ACOMPANHAMENTO DE ENSAIO DE NÉVOA SALINA DE REVESTIMENTOS - NBR, ASTM e ISO

SOLICITAÇÃO Nº: <u>LUCAS EMILIO LOPEZ</u> N° Cadastro Cliente: <u>12206/85022038</u> Data/ hora de início ensaio: <u>01/10/18 11h</u>														
AMOSTRAS	Identificação interna:													
Descrição: -														
ENSAIO / NORMA	Névoa Salina / NBR 8094, ASTM B 117 e ISO 9227 Teste NSS	Total de horas solicitadas:												
AVALIAÇÃO	☒ Espessura ☐ Corrosão ☐ Outra:													
RESULTADOS														
Amostras	Revestimento	Metal Base	Revestimento											
	Material	Esp (µm)	DATA DA AVALIAÇÃO / PERÍODO (HORAS)											
A	Galv.		2110	3110	4110	5110	8110	9110	10110	1110	12110	13110	14110	
B	Galv.		24h	48h	72h	96h	168h	192h	216h	24h	48h	72h	96h	
C	Galv.		V0	V0	V0	V0	V1	-	-	B4	B5	B5	B5	
A	Galv.		V0	V0	V0	V0	V1	-	-	B4	B5	B5	B5	
B	Galv.		V0	V0	V0	V0	V1	-	-	B4	B5	B5	B5	
C	Galv.		V0	V0	V0	V0	V1	-	-	B4	B5	B5	B5	
A	Galv.		V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	B4	B5	B5	B5	
B	Galv.		V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	B4	B5	B5	B5	
C	Galv.		V0	V0	V0	V0	V0	V0	V0	B4	B5	B5	B5	
Rubrica do Laboratorista			Critério LACOR para Avaliação de Corrosão											
B - Branco			V - Vermelho			Vd - Verde			CR - Cromatizado			Graus de Corrosão		
Norma: NBR 10443			Vd - Verde			CR - Cromatizado			0 - Perfeito			2 - Pontos em geral		
			Vd - Verde			CR - Cromatizado			1 - Pontos em áreas localizadas			3 - Áreas localizadas		
			Vd - Verde			CR - Cromatizado			2 - Pontos em geral			4 - Parcial: pontos e áreas		
			Vd - Verde			CR - Cromatizado			3 - Áreas localizadas			5 - Total		
			Vd - Verde			CR - Cromatizado			4 - Parcial: pontos e áreas			5 - Total		
			Vd - Verde			CR - Cromatizado			5 - Total			Grau: µm		
OBSERVAÇÕES: -														

ANEXO 3: Ficha de ensaio do Laboratório LACOR página 3



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS
LABORATÓRIO DE CORROSÃO
PROTEÇÃO E RECICLAGEM DE MATERIAIS



LACOR

Documento nº.: 02.02.03.03/05

ACOMPANHAMENTO DE ENSAIO DE NÉVOA SALINA DE REVESTIMENTOS - NBR, ASTM e ISO

SOLICITAÇÃO Nº: <u>LUZAS ENIEL 0054</u> Nº Cadastro Cliente: <u>72206/8402210384</u> Data/hora de início ensaio: <u>01/10/18 11h</u>											
Identificação interna: _____											
AMOSTRAS	Descrição: <u>AÇO GALVANIZADO</u>										
ENSAIO / NORMA	Névoa Salina / NBR 8094, ASTM B 117 e ISO 9227 Teste NSS										
AVALIAÇÃO	☒ Espessura ☐ Corrosão ☐ Outra: _____										
RESULTADOS											
Amostras	Revestimento		Metal Base		DATA DA AVALIAÇÃO / PERÍODO (HORAS)					Revestimento	
	Material Metálico Base	Material	Esp (µm)		02/10	03/10	04/10	05/10	06/10	07/10	08/10
A	AÇO	GALVANIZ.	-		02/10	03/10	04/10	05/10	06/10	07/10	08/10
B	AÇO	GALVANIZ.	-		02/10	03/10	04/10	05/10	06/10	07/10	08/10
C	AÇO	GALVANIZ.	-		02/10	03/10	04/10	05/10	06/10	07/10	08/10
-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
Rubrica do Laboratorista: <u>B</u>											
Critério LACOR para Avaliação de Corrosão											
Aspecto ou Acabamento			Graus de Corrosão								
B - Branco	V - Vermelho	Vd - Verde	CR - Cromatizado	0 - Perfeito	2 - Pontos em geral	4 - Parcial: pontos e áreas			5 - Total		
Norma: NBR 10443			Parâmetro: Espessura			3 - Áreas localizadas			Grau: µm		
OBSERVAÇÕES: -											

Laboratorista: B Data: 8/10/18 Página 3 de 4

ANEXO 4: Ficha de ensaio do Laboratório LACOR página 4



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS
LABORATÓRIO DE CORROSÃO
PROTEÇÃO E RECICLAGEM DE MATERIAIS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE MATERIAIS
LABORATÓRIO DE CORROSÃO
PROTEÇÃO E RECICLAGEM DE MATERIAIS

Documento nº.: 02.02.03.03/05

ACOMPANHAMENTO DE ENSAIO DE NÉVOA SALINA DE REVESTIMENTOS - NBR, ASTM e ISO

SOLICITAÇÃO Nº: 1345		Nº Cadastro Cliente: 1345		Data/hora de início ensaio: 01/10/18 11h			
Identificação interna:							
Descrição:							
AMOSTRAS		Total de horas solicitadas:					
ENSAIO / NORMA		Total de horas solicitadas:					
AVALIAÇÃO		☒ Espessura ☐ Outra:					
RESULTADOS							
Amostras	Material Metálico Base	Revestimento		Metal Base		Revestimento	
		Material	Esp (µm)	Material	Esp (µm)	Material	Esp (µm)
A	AÇO	GALV.		17/10	18/10	17/10	18/10
B	AÇO	GALV.		17/10	18/10	17/10	18/10
C	AÇO	GALV.		17/10	18/10	17/10	18/10
A	AÇO	GALV.		17/10	18/10	17/10	18/10
B	AÇO	GALV.		17/10	18/10	17/10	18/10
C	AÇO	GALV.		17/10	18/10	17/10	18/10
CRITÉRIO LACOR para Avaliação de Corrosão							
Rubrica do Laboratorista		Grau de Corrosão 0 - Perfeito 1 - Pontos em áreas localizadas 2 - Pontos em geral 3 - Áreas localizadas 4 - Parcial: pontos e áreas 5 - Total Parâmetro: Espessura Grau: µm					
Aspecto ou Acabamento		B - Branco V - Vermelho Vd - Verde CR - Cromatizado 0 - Perfeito 1 - Pontos em áreas localizadas 2 - Pontos em geral 3 - Áreas localizadas 4 - Parcial: pontos e áreas 5 - Total Norma: NBR 10443 Parâmetro: Espessura Grau: µm					
OBSERVAÇÕES: -							

Laboratorista: 13

Data: 18/10/18

Página 4 de 4



ANEXO 6: Controle de qualidade empresa A

CERTIFICADO DA QUALIDADE										CERTIFICADO Nº 0000001										Pag. 1/ 1	
Cliente:										Ordem:										Data de Impressão: 22/08/2018	
Fornecimento:										Pedido do Cliente:											
Material:																					
Produto do Cliente:																					
Norma:																					
Análises Químicas																					
Corrida Nº		Um																			
Propriedades Mecânicas / Metalúrgicas																					
Especific./		Min		1.94		Resist. Tracão		50		50		Carnada de zinco									
		Max		2.06				75													
		Um		mm				kgf/mm²		g/m²											
Mínimo				1.95				51		50											
Médio				1.98				53		65											
Máximo				2.00				56		81											
A Belg Bekaert não se responsabiliza por cópias reproduzidas para fornecimento a terceiros. Belgo Bekaert does not accept responsibility for copies that may be reproduced to supply third parties.																					
Diâmetro:		2.000 mm																			
Quantidade:		6.450.000																			
Peso Líquido NF:		6.450.000																			
Nota Fiscal:										Emitida em: 22/08/2018											
Data de Criação:										22/08/2018											
																					

ANEXO 7: Controle de qualidade empresa B para arames camada leve de galvanização

CERTIFICADO DE QUALIDADE
MILL TEST / QUALITY CERTIFICATE

CLIENTE / CUSTOMER		NÚMERO / NUMBER		PRODUTO / PRODUCT	
NOTA FISCAL		DATA / DATE		APAME GALV	
PEDIDO CLIENTE / CUSTOMER ORDER		03.09.2018		NORMA - ESPECIFICAÇÃO - QUALIDADE / NORM - SPECIFICATION - GRADE	
		ORDER DE VENDA / SALES ORDER		1005	
BITOLA / SIZE	LOTE / HEAT	QTD / QUANT	DIAM mm	C. Zn g/m2	LA Kg/m2
1,90mm	4669573404	1,540 T	1,86	70	46,8
1,90mm	4669673303	0,448 T	1,87	89	45,9
1,90mm	4669675102	1,253 T	1,85	70	49,4
1,90mm	4669758402	1,005 T	1,88	53	53,0
1,90mm	4669760602	0,613 T	1,89	70	50,3
PROPRIEDADE MECÂNICA / MECHANICAL PROPERTIES		OBSERVAÇÕES / OBSERVATIONS			
C. Zn - Camada de Zinco LA - Limite de Resistência Kgf/mm2		As propriedades físicas, químicas e mecânicas descritas no Certificado de Qualidade são garantidas no estado em que o material é fornecido. Qualquer transformação que o material venha a sofrer em terceiros pode alterar significativamente tais propriedades. Physical, chemical and mechanical properties described in the Certificate of Quality are guaranteed in the state in which the material is provided. Any transformation that the material may suffer can significantly alter such properties.			
		RESPONSÁVEL PELA QUALIDADE QUALITY ASSURANCE			

ANEXO 8: Controle de qualidade empresa B para arames camada leve de galvanização

CERTIFICADO DE QUALIDADE
MILL TEST / QUALITY CERTIFICATE

CLIENTE / CUSTOMER		NÚMERO / NUMBER		PRODUTO / PRODUCT	
		ADAME GALV		ADAME GALV	
DATA / DATE		DATA / DATE		NORMA - ESPECIFICAÇÃO - QUALIDADE /	
03.10.2018		03.10.2018		NORMA - SPECIFICATION - QUALITY	
ORDEN DE VENDITA / SALES ORDER		ORDEN DE VENDITA / SALES ORDER		1005	
NOTA FISCAL		FEDIDO CLIENTE / CUSTOMER ORDER			
		1...			
BITOLA / SIZE		LOTE / HEAT		QTD / QUANT	
1,90mm		4669762503		2.301 T	
1,90mm		4669832702		0.619 T	
C. Zn - Coadado de Zinco		DIA		C. Zn	
LA - Limite de Resistência Rm/m2		mm		g/m2	
		1,89		59	
		1,87		70	
C. Zn - Coadado de Zinco		LA - Tensile Strength Rm/m2		LR	
				Kg/m2	
				45,3	
				49,3	
OBSERVAÇÕES / OBSERVATIONS					
As propriedades físicas, químicas e mecânicas descritas no Certificado de Qualidade são garantidas no estado em que o material é fornecido. Qualquer transformação que o material venha a sofrer em terceiros pode alterar significativamente tais propriedades.					
Physical, chemical and mechanical properties described in the Certificate of Quality are guaranteed in the state in which the material is provided. Any transformation that the material may suffer can significantly alter such properties.					
RESPONSÁVEL PELA QUALIDADE					
QUALITY ASSURANCE					

ANEXO 9: Controle de qualidade empresa B para arames camada pesada de galvanização

CERTIFICADO DE QUALIDADE
MILL TEST / QUALITY CERTIFICATE

CLIENTE / CUSTOMER		NÚMERO / NUMBER		PRODUTO / PRODUCT	
		APAME GALV CP			
DATA / DATE		NORMA - ESPECIFICAÇÃO - QUALIDADE / NORM - SPECIFICATION - GRADE			
13.09.2018		1005			
PEDIDO CLIENTE / CUSTOMER ORDER		ORDEN DE VENDA / SALES ORDER			
NOTA FISCAL					
BITOLA / SIZE	LOTE / HEAT	QTD / QUANT	DIAM mm	C. Zn g/m ²	LR Kg/m ²
1,90mm	2710131304	1,307 T	1,87	210	45,5
PROPRIEDADE MECÂNICA / MECHANICAL PROPERTIES		OBSERVAÇÕES / OBSERVATIONS			
C. Zn - Camada de Zinco LR - Limite de Resistência Kg/mm ²		As propriedades físicas, químicas e mecânicas descritas no Certificado de Qualidade são garantidas no estado em que o material é fornecido. Qualquer transformação que o material venha a sofrer em terceiros pode alterar significativamente tais propriedades. Physical, chemical and mechanical properties described in the Certificate of Quality are guaranteed in the state in which the material is provided. Any transformation that the material may suffer can significantly alter such properties.			
C. Zn - Camada de Zinco LR - Limite de Resistência Kg/mm ²		RESPONSÁVEL PELA QUALIDADE QUALITY ASSURANCE			

ANEXO 10: Controle de qualidade empresa B para arames camada pesada de galvanização

CERTIFICADO DE QUALIDADE
MILL TEST / QUALITY CERTIFICATE

CLIENTE / CUSTOMER		NÚMERO / NUMBER		PRODUTO / PRODUCT	
NOTA FISCAL		DATA / DATE		ARAME GALV CP	
PEDIDO CLIENTE / CUSTOMER ORDER		05.09.2018		NORMA - ESPECIFICAÇÃO - QUALIDADE / NORM - SPECIFICATION - GRADE	
LOTE / HEAT		ORDEN DE VENDA / SALES ORDER		1005	
BITOLA / SIZE	QTD / QUANT	DIAM mm	C. Zn g/m2	LK Kg/m2	
1,90mm	1.177 T	1,92	347	51,4	
PROPRIEDADE MECÂNICA / MECHANICAL PROPERTIES					RESPONSÁVEL PELA QUALIDADE / QUALITY ASSURANCE
C. Zn - Casado de Zinco LA - Limite de Resistência Kg/mm2					
C. Zn - Casado de Zinco LA - Tensile Strength Kg/mm2					
OBSERVAÇÕES / OBSERVATIONS					
As propriedades físicas, químicas e mecânicas descritas no Certificado de Qualidade são garantidas no estado em que o material é fornecido. Qualquer transformação que o material venha a sofrer em terceiros pode alterar significativamente tais propriedades.					
Physical, chemical and mechanical properties described in the Certificate of Quality are guaranteed in the state in which the material is provided. Any transformation that the material may suffer can significantly alter such properties.					