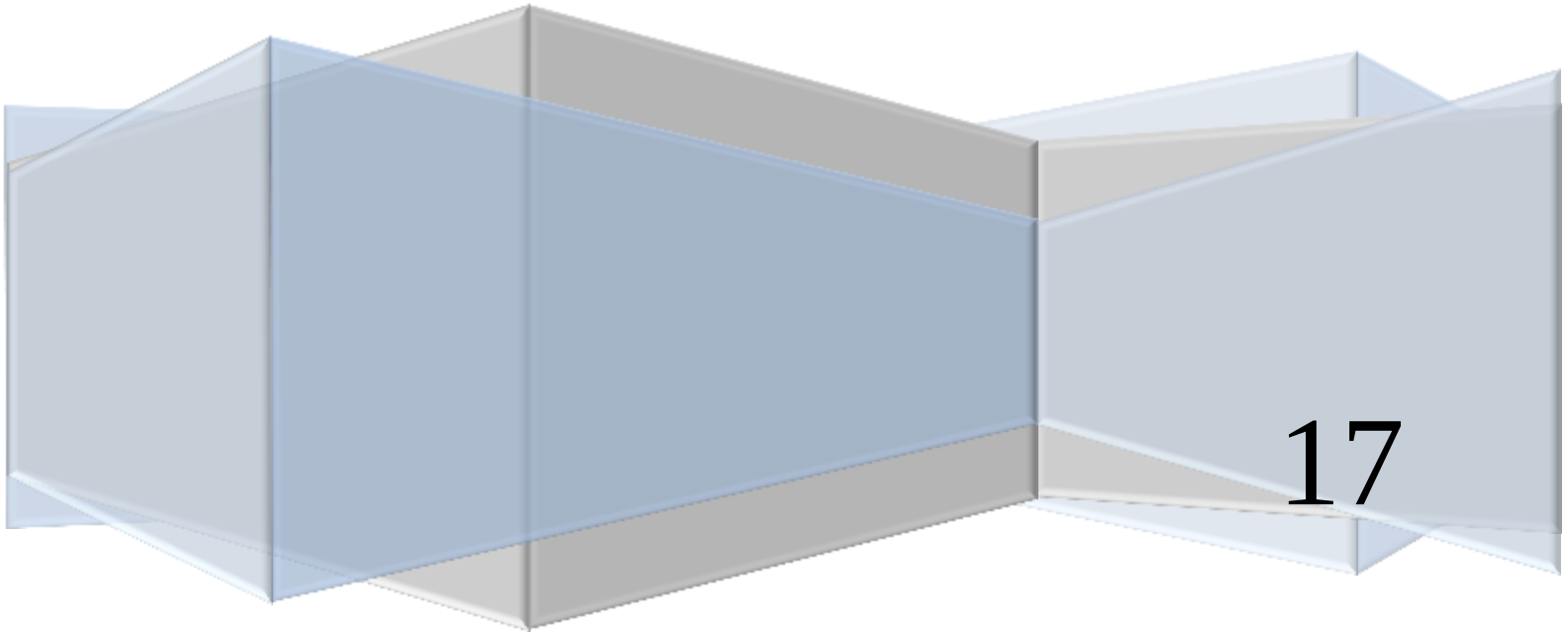
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

RELATÓRIO PARCIAL COM RESULTADOS DA EXPOSIÇÃO DE CORPOS DE PROVA COM E SEM PINTURA NA PRAIA DE ATALAIA, EM ARACAJU, SERGIPE.

Idalina Vieira Aoki



Sumário

Introdução.....3

2) Objetivos do trabalho.....3

3) Colaboradores neste trabalho.....3

4. Escopo/desenvolvimento do trabalho.....3

4.1 Planejamento inicial dos ensaios.....4

Condições do ensaio de exposição.....5

Distribuição dos corpos de prova nos painéis.....7

Acompanhamento do desempenho dos corpos de provas.....10

4.2 Início da exposição dos corpos de prova.....10

4.3 Materiais e Métodos.....14

4.3.1 A limpeza dos corpos de prova em aço carbono e aço carbono galvanizado após exposição.....17

4.3.2 Avaliação das barras de aço embutidas em concreto.....18

4.3.3 Avaliação dos corpos de prova pintados.....19

5. Resultados.....20

5.1 Primeira retirada de corpos de prova após 6 meses de exposição.....20

5.2 Segunda retirada de corpos de prova após um ano de exposição.....20

5.2.1 – Resultados de velocidade de corrosão por ensaios gravimétricos.22

5.2.2 Aspecto dos corpos de prova de aço carbono e aço galvanizado após a exposição.....27

5.2.3 – Aspecto dos parafusos galvanizados por imersão a quente após um ano de exposição na praia de Atalaia.....34

5.2.4 Resultados de aspecto dos corpos de prova de aço carbono pintados e sem defeito provocado após um ano de exposição na PRAIA.....35

5.2.5 Resultados de aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintados (Sistema Duplex) e sem defeito provocado, após um ano de exposição na PRAIA.....38

5.2.6 Resultados do aspecto dos corpos de prova de aço carbono pintado e com defeito provocado após um ano de exposição na beira da PRAIA - agressividade C4. Antes e após retirada da tinta. 45

5.2.7 Resultados do aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintado e com defeito provocado após um ano de exposição na beira da PRAIA - agressividade C4. Antes e após retirada da tinta. 52

5.2.8 Comparação de desempenho de sistemas de tintas quando aplicados sobre aço carbono e sobre aço galvanizado.....60

5.2.9 Resultado do aspecto dos vergalhões de aço carbono, de aço galvanizado e aço metalizado com zinco que foram embutidos em cilindros de concreto expostos por um ano à beira da PRAIA.....78

5.2.10 Resultados de medidas de potencial de circuito aberto ou de corrosão dos vergalhões embutidos no concreto.....81

5. 2.11 Comparação entre os métodos normatizados de avaliação da resistência à corrosão dos diferentes sistemas de pintura e tratamentos de superfície ..85

Conclusões parciais dos resultados obtidos após um ano de exposição dos corpos de prova 98

Referências 99

ANEXO I.....100

Introdução

Este trabalho foi conduzido pelo ICZ – Instituto de Metais Não Ferrosos, as empresas galvanizadoras associadas ao ICZ, duas empresas fabricantes de tintas, uma empresa do segmento de Oil & Gas e a Universidade de São Paulo.

O aço galvanizado por imersão a quente e pintado, denominado Sistema Duplex, é utilizado na proteção do aço carbono contra a corrosão em ambientes que apresentam alta agressividade como o ambiente marinho, em função do alto desempenho apresentado decorrente da sinergia entre o aço galvanizado por imersão a quente e a tinta [1]. Alguns trabalhos da literatura avaliaram o desempenho do sistema duplex através de ensaios acelerados [2], técnicas eletroquímicas [1,2] e muito poucos por exposição atmosférica. Alguns avaliaram a influência da presença prévia de contaminantes na superfície do aço galvanizado antes de receber pintura [3] e a influência de pré-tratamentos à base de silanos[4].

2) Objetivos do trabalho

Apresentar às empresas de Oil & Gas, através de resultados científicos de ensaios de campo, o elevado desempenho da tecnologia do Sistema Duplex (aço galvanizado por imersão a quente pintado) na proteção contra a corrosão do aço carbono, destacando as aplicações em ambientes agressivos como a corrosividade em ambiente onshore e offshore.

Avaliar comparativamente as opções de sistemas de pintura (epóxi isocianato, epóxi poliamina e epóxi poliamida; tinta acrílica direta no metal (base aquosa) e pintura eletrostática a pó) tanto sobre o aço carbono galvanizado por imersão a quente como sobre o aço carbono.

Avaliar diferentes opções de pré-tratamento de superfície (jateamento abrasivo, desengraxado (Manta não tecida com abrasivos), sulfossilano e revestimento híbrido) para se obter uma adequada aderência da tinta e evitar o uso de cromato na etapa de passivação do processo da galvanização por imersão a quente, por ser considerado tóxico e cancerígeno.

Contribuir para as empresas de Oil & Gas com informações que implicarão no aumento da vida útil de instalações utilizadas, reduzindo os custos de manutenção das mesmas.

3) Colaboradores neste trabalho

Ricardo Suplicy Araujo Goes -Engenheiro Mecânico - ICZ - Instituto de Metais Não Ferrosos.

Renata Yuriko Ogura -Engenheira Industrial - Armco Staco S.A Industria Metalúrgica.

Paulo Cesar Maziero Tiano -Bacharel em Ciência Química - Industria Elétrica Marangoni Maretti Ltda.

Celso Gnecco -Engenheiro Químico - Sherwin-Williams do Brasil.

Marcelo Schultz da Rocha – Mestre e Engenheiro de Corrosão - Petróleo Brasileiro S.A.

Idalina Vieira Aoki - Professora Doutora - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

4. Escopo/desenvolvimento do trabalho

Para atender o objetivo destes ensaios, com avaliações comparativas de desempenho, utilizaram-se 248 corpos de provas (aço carbono nú, aço galvanizado nú, aço carbono e aço galvanizado pintado e blocos de

concreto com vergalhões de aço preto ou galvanizado), detalhados abaixo, instalados em painéis de exposição atmosférica, por um período de dois anos (2014-2016), conforme norma ABNT NBR 6209/2007.

Os corpos de provas foram instalados na região da praia de Atalaia-Unidade Petrobras - Aracaju/Sergipe.

No sentido de se caracterizar os diferentes ambientes em relação à proximidade do mar e influência das velocidades dos ventos, os corpos de prova em aço carbono e os corpos de prova em aço carbono galvanizado por imersão a quente foram instalados em dois locais:

- Um a 50 metros da praia, de frente para o mar e outro a 500 metros da praia, interior, na região denominada UPGN – Unidade de Processamento de Gás Natural.

Todos os demais corpos de provas pintados, bem como fios galvanizados, parafusos, barras de aço com e sem galvanização embebidos em concreto foram instalados a 50 metros da praia.
Os corpos de provas serão avaliados pelas taxas de corrosão em comparação com as taxas especificadas conforme a norma ABNT NBR 14643 – Corrosão Atmosférica – Classificação da Corrosividade de Atmosferas.

Os corpos de prova de barras de aço (vergalhões) destinadas à armadura de concreto armado, embebidas no concreto terão seu desempenho avaliado conforme a norma ASTM C 876, válida para aço carbono sem revestimento, onde é medido o potencial de corrosão contra o eletrodo de referência $Cu/CuSO_4$ sat. O potencial dos vergalhões galvanizados também será medido, mas apenas como dado referencial, uma vez que não há norma para comparação. Também foram expostos corpos de prova em forma de barras, parafusos e arames galvanizados, ou não.

Foram utilizados 199 corpos de prova de aço carbono sendo o tipo de tratamento e número apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Número e tipo de corpos de prova expostos

Material do corpo de prova	Quantidade
Aço carbono	30
Aço carbono galvanizado	33
Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado - Sistema Duplex.	78
Aço carbono galvanizado por imersão a quente (não passivado) pintado - Sistema Duplex.	3
Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado - Sistema Duplex com pré tratamento baseado em sulfossilano.	2
Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado - Sistema Duplex com pré-tratamento baseado em silano híbrido.	2
Aço carbono pintado com as diferentes opções de sistemas de pinturas.	48
Aço carbono revestido com zinco pelo processo de metalização e pintado	3
TOTAL	199

4.1 Planejamento inicial dos ensaios

Os ensaios foram planejados para expor corpos de prova de aço carbono e aço galvanizado por imersão à quente, sem revestimento algum e também expor corpos de prova revestidos com diferentes sistemas de pintura nas estações de corrosão atmosférica montadas para este projeto nas instalações da UPGN –

Petrobrás, localizada a 500m da praia e outra montada a 50m da praia de Atalaia, em Aracajú, Sergipe. Inicialmente, o projeto foi feito para durar três anos, mas depois, devido a vários fatores, a duração precisou ser alterada para dois anos de exposição.

Condições do ensaio de exposição

A exposição foi realizada na praia de Atalaia próximo à cidade de Aracaju, Sergipe, Brasil. A latitude de Atalaia é de -10,9880 e a longitude é de -37,0534.

A Figura abaixo mostra a localização dos dois locais de exposição dos corpos de prova.



- Local 1 - Ambiente marítimo (frente ao mar) a 50m da praia e Local 2 - a 500m da praia (instalação da UPGN);



O local de colocação dos painéis na praia pode ser visto abaixo.



- Painéis posicionados na direção Norte-Sul (ABNT NBR 6209), inclinados a 30 graus com a horizontal.

Corpos de Prova:

- Chapas de aço carbono
    - Dimensões (mm): 150 de comprimento, 100 de largura e 2,8 a 3,0 de espessura.
    - Deverão apresentar um orifício de 05 mm de diâmetro na região inferior, a 05 mm da borda;
    - Todos corpos de provas serão galvanizados em um galvanizador para mantermos a mesma uniformidade do aço, do processo e da referência.
    - Marangoni e Trifer terão algumas amostras galvanizadas por eles.
- Tipos de corpos de prova:
    1. Aço carbono de referência;
    2. Aço carbono galvanizada por imersão a quente (ABNT NBR 6323 com espessura de Zinco entre 80 e 100 um);

3. Aço carbono galvanizado por imersão a quente (ABNT NBR 6323 com espessura de Zinco entre 90 ± 10 um) com uma incisão longitudinal em baixo relevo;
4. Aço carbono galvanizado por imersão a quente e pintado (Sistema Duplex);
5. Aço carbono galvanizado por imersão a quente e pintado (Sistema Duplex) com uma incisão longitudinal em baixo relevo;
6. Aço carbono pintado;
7. Aço carbono pintado com uma incisão longitudinal em baixo relevo;
8. Aço carbono revestido de Zinco por aspersão térmica (metalização) e pintado;

Distribuição dos corpos de prova nos painéis.

- Confecção de painéis com suporte para apoio dos corpos de prova:
  - Base norma ABNT NBR 6209:2007 e ABNT NBR 6210:2008;
  - Suporte da base não será chumbado no chão. Deverá ter sistema que a equilibre (mão francesa);
  - 02 com 5 linhas e 10 colunas e 01 com 05 linhas e 11 colunas.
  - Identificação dos corpos de provas com códigos, sem citar o nome dos participantes;
  - Tempo de exposição – mínimo 02 anos:
    - Avaliação da perda de massa em função do tempo.
  - Avaliações:
    - No primeiro 1 ano a cada 3 meses (flexível conf. comportamento)
    - Nos primeiros 2 anos, a cada 6 meses (flexível conf. comportamento)
- Vergalhões

  - 20 corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 10 cm e altura de 30 cm;
  - 04 corpos de prova com vergalhão preto de ½ ´´ de diâmetro;
  - 04 corpos de prova com vergalhão galvanizado de ½ ´´ de diâmetro.
    - Espessura do Zinco no vergalhões galvanizados: média de 56 um (ABNT NBR 6323)



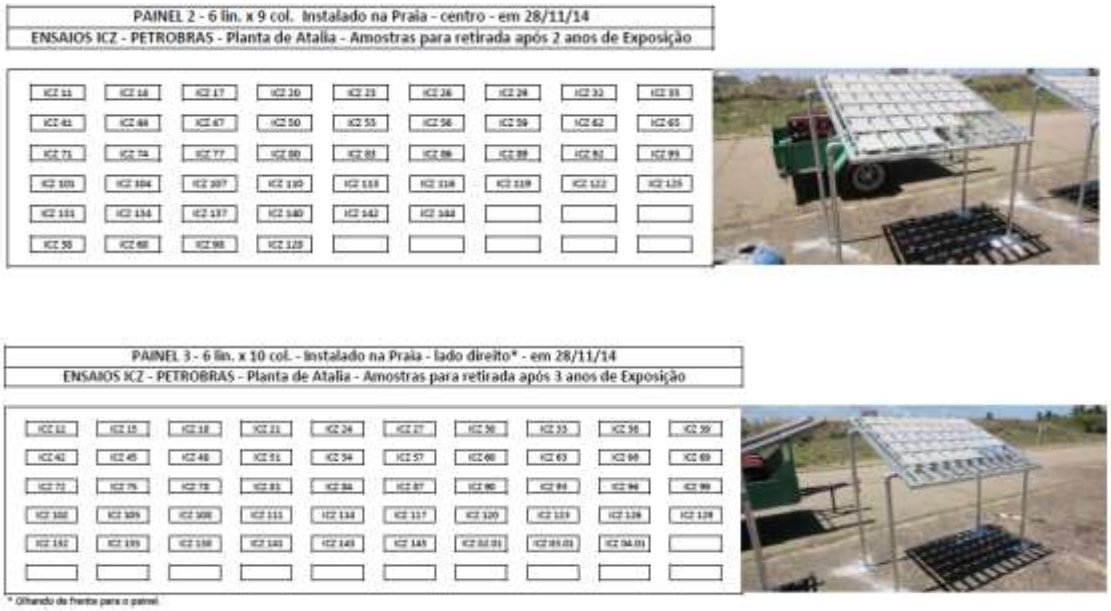
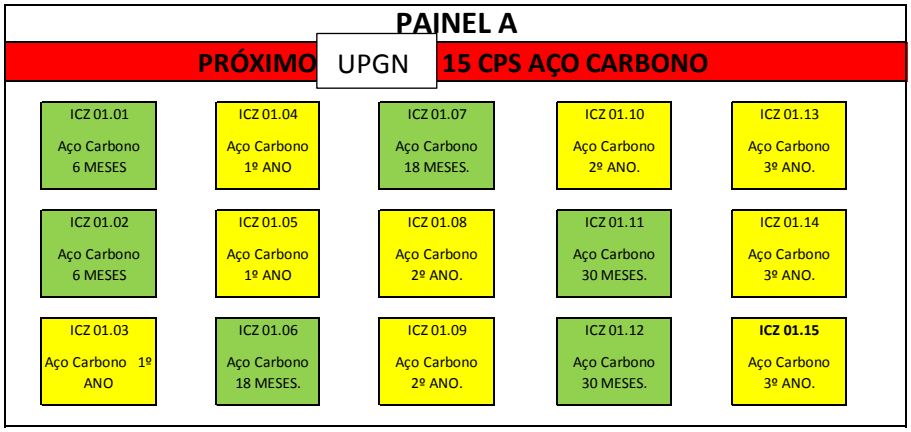


Figura 1 – Painéis 1, 2 e 3 com os corpos de prova de aço carbono e aço galvanizado pintados para serem retirados após 1, 2 e 3 anos de exposição, respectivamente.

Os corpos de prova de aço carbono e aço galvanizado, **sem pintura**, foram expostos próximo à praia (50m) ou nas instalações da UPGN (a 500m da praia), segundo os esquemas mostrados na Figura 2.



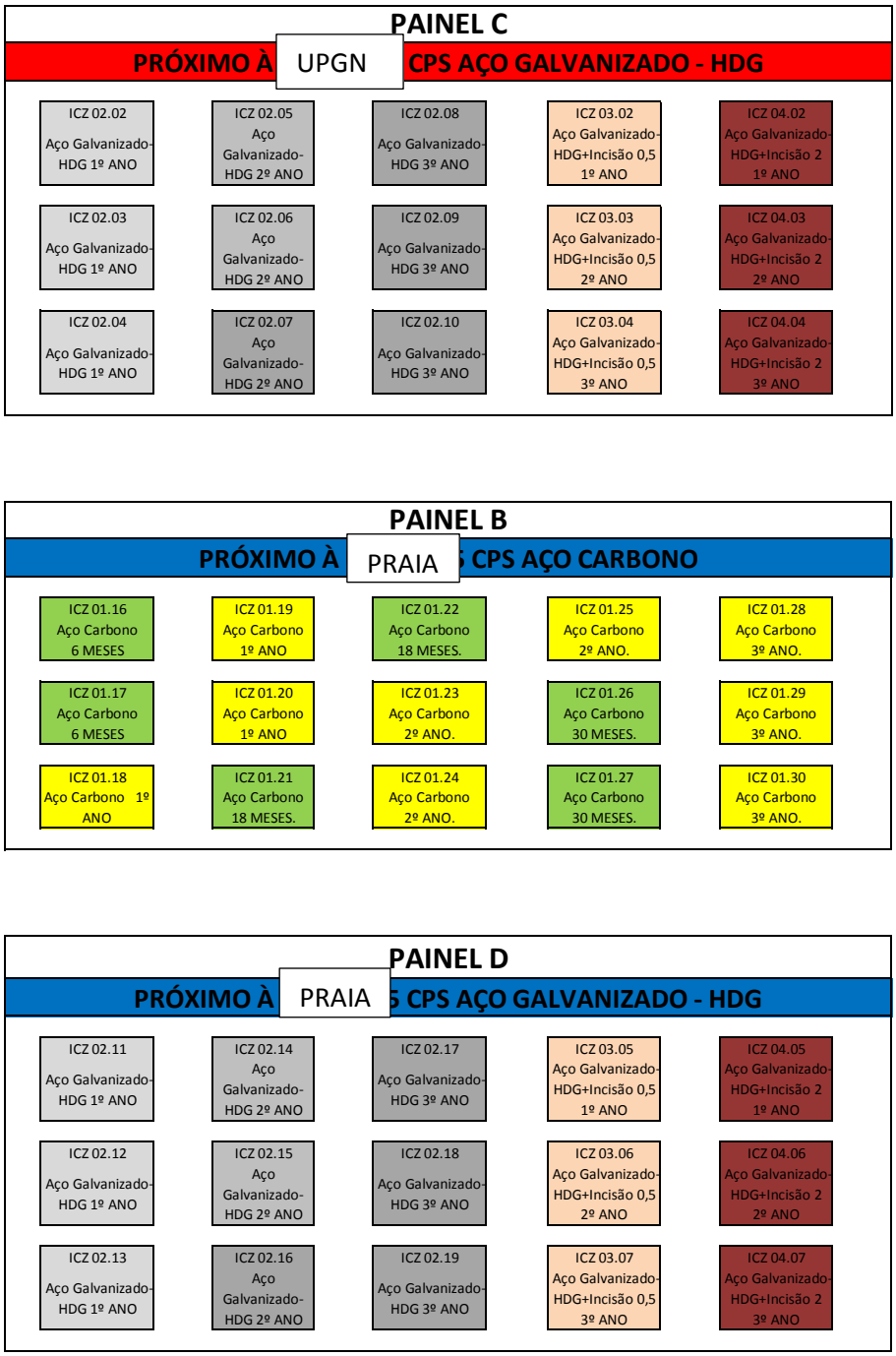


Figura 2 – Distribuição dos corpos de prova de aço carbono e aço galvanizado sem pintura expostos na UPGN (painéis A e C) e na PRAIA (painéis B e D)

Quanto à distribuição dos corpos de prova pintados, estes foram colocados no painel 1, painel 2 e painel 3 de forma que os cps a serem retirados após um ano de exposição estavam no painel 1; os que seriam retirados após 2 anos de exposição estavam no painel 2 e no painel 3 estavam os que seriam retirados após 3 anos de exposição. Por mudanças no escopo do projeto, o ensaio foi encerrado após dois anos de exposição e nessa data, todos os cps foram retirados.

Acompanhamento do desempenho dos corpos de provas

Abaixo são relatadas todas as inspeções e avaliações nos corpos de prova ao longo do período de exposição.

a. Todos os corpos de prova foram escaneados, cujas imagens estão no ICZ e com a Professora Idalina.
b. Serão avaliados no Laboratório de Eletroquímica e Corrosão – USP, Departamento de Engenharia Química – Coordenado pela Professora Idalina Vieira Aoki.
c. Avaliações:

- Após seis meses avaliar taxa de corrosão em dois corpos de prova de cada metal: aço carbono e aço galvanizado expostos na praia e na UPGN. Após seis meses, foram retirados apenas 2 cps de aço carbono e nenhum de aço galvanizado para que se pudesse ter cps de aço galvanizado para avaliação após um ano de exposição, que é o tempo mínimo estipulado pelas normas ISO 9223 para avaliação da agressividade do meio de exposição.
- A cada 12 meses, avaliação nos corpos de prova de aço carbono seria feita, sendo:
- 3 cp expostos na praia e 3 cp expostos no interior; portanto 18 cps avaliados nos 3 anos;
- A cada 12 meses, avaliação laboratorial de desempenho em um corpo de prova de cada sistema duplex sobre aço galvanizado e de aço carbono pintado, totalizando 44 corpos de prova a cada 12 meses;

Nota 1: os corpos de provas tratados com silanos e híbridos serão avaliados apenas após 24 meses de exposição.

Nota 2: No último mês de exposição (após 24 meses) os cps pintados e sem incisão longitudinal, que seriam retirados após 36 meses, serão avaliados pelo ensaio de aderência "pull-off" conforme ABNT NBR 15877.

4.2 Início e término da exposição dos corpos de prova

Início da exposição dos corpos de prova

Os painéis foram montados e os corpos de prova expostos em **28/11/2014**.

1. Instalados os corpos de provas em cinco painéis no dia 28/11/14 (período da manhã), sendo que os dias 26/11, período da tarde e 27/11 foram de preparação.
2. Instalados 199 cps, sendo 169 na área da praia e 30 na área da UPGN.
3. Os 169 cps próximos à praia foram instalados em 5 painéis:
    a. O painel 1(44 cps), painel 2 (46cps) e painel 3 (49) com um total de 139 corpos de provas em aço pintados e aço galvanizado pintado (sistema duplex) foram instalados na área próximo à praia.
    b. Um painel com 15 cps em aço carbono; painel B
    c. Um painel com 15 cps em aço galvanizado por imersão a quente; painel D
4. Os 30 cps de aço carbono e aço galvanizado (HDG) próximos á área da UPGN foram instalados em 2 painéis:
    a. Um painel com 15 cps em aço carbono; painel A
    b. Um painel com 15 cps em aço galvanizado por imersão a quente; painel C

A tabela abaixo resume o número de corpos de prova expostos.

Tabela do numero de corpos de prova não pintados expostos próximo à praia e na UPGN

Painel A – UPGN	15 corpos de prova aço carbono
Painel C – UPGN	15 corpos de prova de aço galvanizado

Painel B – próximo à praia	15 corpos de prova de aço carbono
Painel D – próximo à praia	15 corpos de prova de aço galvanizado

Tabela do número de corpos de prova de aço carbono ou aço carbono galvanizado pintados e expostos próximo à praia

Painel 1	44 corpos de prova
Painel 2	46 corpos de prova
Painel 3	49 corpos de prova
Sub-total	139 corpos de prova

Tabela de outros elementos expostos próximo à praia

Vergalhões embebidos em concreto	20
Vergalhões de aço expostos	4
Vergalhões zincados expostos	4
Parafusos galvanizados	20
Arame	1

A Figura 3 mostra os painéis A e C instalados com os corpos de prova expostos.

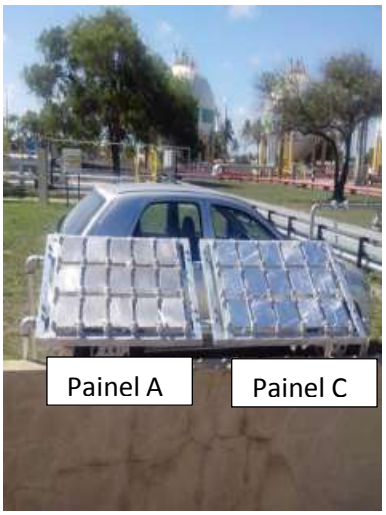


Figura 3 – Painéis A e C instalados a 500m da praia, nas instalações da UPGN- Petrobrás

5. Os fixadores (parafusos) galvanizados por imersão a quente foram instalados na área próximo à praia, num varal próximo ao painel . Ver Figura 4.



Figura 4 – Varal com parafusos zincados preso aos painéis B e D instalados próximo à praia .

6. O arame foi instalado na área próxima à praia, esticado na frente dos painéis conforme mostrado na Figura 5.



Figura 5 – Detalhe da exposição dos arames galvanizados na frente dos painéis B e D, próximo à praia.

7. As características dos corpos de provas pintados estão detalhadas no Anexo I deste relatório.

8. Os corpos de prova de vergalhões galvanizados, embutidos em concreto armado, foram instalados na área junto à praia nas seguintes disposições (ver Figura 6):

a. 4 corpos de provas cilíndricos de concreto armado de diâmetro de 100 mm e altura de 300 mm, com vergalhões comuns (preto) de ½ ´´ de diâmetro e comprimento de 300 mm.
b. 4 corpos de provas cilíndricos de concreto armado de diâmetro de 100 mm e altura de 300 mm, com vergalhões comuns (preto) de ½ ´´ de diâmetro e comprimento de 400 mm.
c. 4 corpos de provas cilíndricos de concreto armado de diâmetro de 100 mm e altura de 300 mm, com vergalhões galvanizados de ½ ´´ de diâmetro e comprimento de 300 mm.
d. 4 corpos de provas cilíndricos de concreto armado de diâmetro de 100 mm e altura de 300 mm, com vergalhões galvanizados de ½ ´´ de diâmetro e

comprimento de 400 mm.

e. 4 corpos de provas cilíndricos de concreto armado, de diâmetro de 100 mm e altura de 300 mm, com vergalhões galvanizados de ½ ´´ de diâmetro e comprimento de 300 mm

f. 4 vergalhões de aço galvanizados expostos;

g. 4 vergalhões de aço comum (preto) expostos.

Os corpos de prova com os vergalhões embutidos em concreto foram feitos com duas relações água/cimento (a/c) : 0,4 e 0,6. A identificação das duas relações a/c foi feita da seguinte forma: letra P = a/c de 0,4 e letra P + furo = a/c de 0,6. O cobrimento dos vergalhões com a camada de concreto foi sempre de cerca de 5 cm. Foram usados dois comprimentos de vergalhões: 300 mm e 400 mm,. Nestes últimos, de maior comprimento, uma parte do vergalhão ficou exposta sem o cobrimento de concreto.



Figura 6 - Disposição dos corpos de provas de concreto armado expostos próximo à praia.

Os 4 vergalhões galvanizados “soltos” foram instalados nos painéis 2 e 3, conforme mostrado na Figura 7.



Figura 7 – Vergalhões de aço galvanizado colocados na frente dos painéis 2 e 3 e expostos próximo à praia.

Os 4 vergalhões “pretos” (aço carbono) e “soltos” foram instalados no painel 1, conforme mostrado na Figura 8.

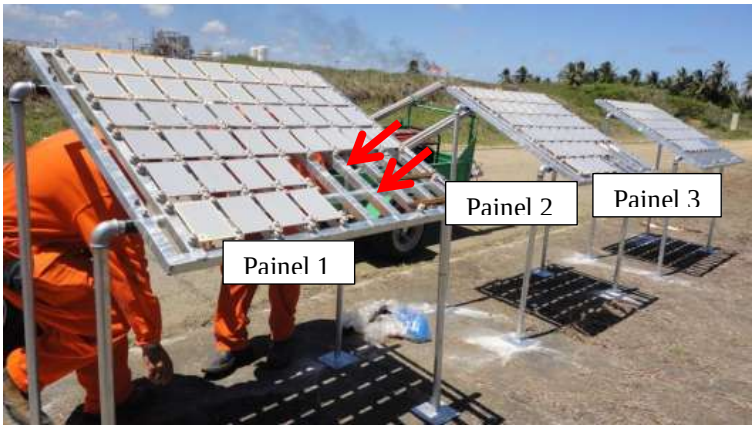


Figura 8 - Vergalhões “pretos” (aço carbono) e “soltos” instalados na frente do painel 1

Termino da exposição dos corpos de prova

Após dois anos de exposição todos os corpos de prova previstos para serem retirados após 18, 24, 30 e 36 meses, que não tinham sido retirados antes para avaliação, o foram. Nessa oportunidade, no dia **14 de dezembro de 2016,** todos os corpos de prova que estavam expostos foram retirados, pois o projeto foi encerrado nessa data. Assim, transcorreram-se **748 dias ou 106 semanas** desde a instalação dos cps nas duas estações de corrosão atmosférica (UPGN e beira da Praia de Atalaia (SE).

Foram retirados 20 cps (10 da estação na UPGN e 10 da estação Beira da Praia) de aço carbono não pintado e 24 cps (10 da estação na UPGN e 10 da estação Beira da Praia) de aço galvanizado não pintado. Foram retirados 54 cps pintados e sem incisão e 38 cps pintados e com incisão.

4.3 Materiais e Métodos

A galvanização da maioria dos corpos de prova foi feita pela Armco Staco com espessura de zinco de (90 ± 10) µm. A Marangoni também fez sua galvanização por imersão a quente e também por aspersão térmica com espessura média de (90 ± 10) µm. A Trifer também fez sua galvanização com espessura média de (90 ± 10) µm

Os métodos empregados pelas empresas para tratamento dos corpos de prova antes da pintura são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Pré-tratamentos feitos nos corpos de prova de aço carbono e de aço galvanizado antes da pintura

Empresa	**Aço carbono**	**Aço galvanizado**
Marangoni	Jateado SA 2 ½	Passivado (para galvanizado feito na Marangoni)
		Não passivado (para galvanizado feito na Marangoni)

		Não passivado(para aço galvanizado pela Armco)
Sherwin-Williams	Desengraxado, com solvente orgânico aromático, jateado com granalha de aço G-50 e depois soprado com ar comprimido limpo e seco para eliminar o pó. **(AC)**	Desengraxado com solvente orgânico aromático, jateado com granalhas de aço G-50 (pressão de 45 a 50 psi) em ângulo de 30° a 45° (sweep blast) e depois soprado com ar comprimido limpo e seco para eliminar o pó **(GJ)**
		Desengraxado com solvente organico aromático, escovado com manta não tecida com abrasivos (scotch brite) para tirar o brilho da camada de zinco e depois desengraxado novamente para eliminar contaminantes oleosos, graxas e possíveis cloretos **(GD)**
LEC – Laboratório de Eletroquímica e Corrosão - USP		Lavagem do aço zincado com água e detergente com uma bucha scotch brite pelo lado amarelo, antes de aplicar o silano ou solução de híbrido, nos sistemas 6 e 7, conforme Anexo I
Trifer	Só aplicou sobre galvanizado	Não passivado

Sistemas de pintura empregados pelas empresas Marangoni, SW e Trifer estão descritos de forma resumida na Tabela 2. No Anexo I deste relatório se encontram todos os detalhes que correspondem a cada corpo de prova pintado que foi exposto.

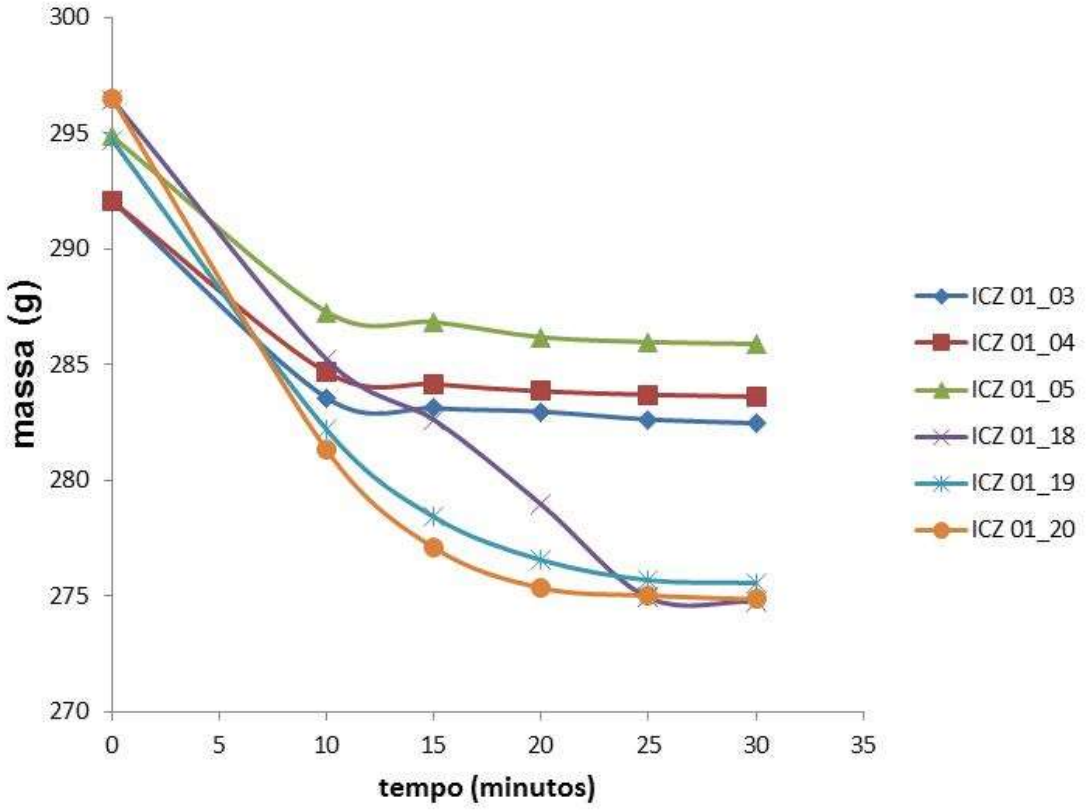
Tabela 2 – Descrição dos sistemas de pintura empregados pelas empresas participantes: Marangoni, Sherwin-Williams e Trifer.

Empresa	**Sistemas**	**Descrição do sistema de pintura**
Marangoni	1	goniwater DTM F140 + Goniwater esmalte F11 (180µm+50 µm)
	2	goniwater DTM F140 + Goniwater DTM F228 (180 µm +80 µm)
	3	goniwater DTM F228 (200µm)
Sherwin-Williams	1	1d N2198 (25 µm)+1d N2628 (175 µm) +2d poliuretano

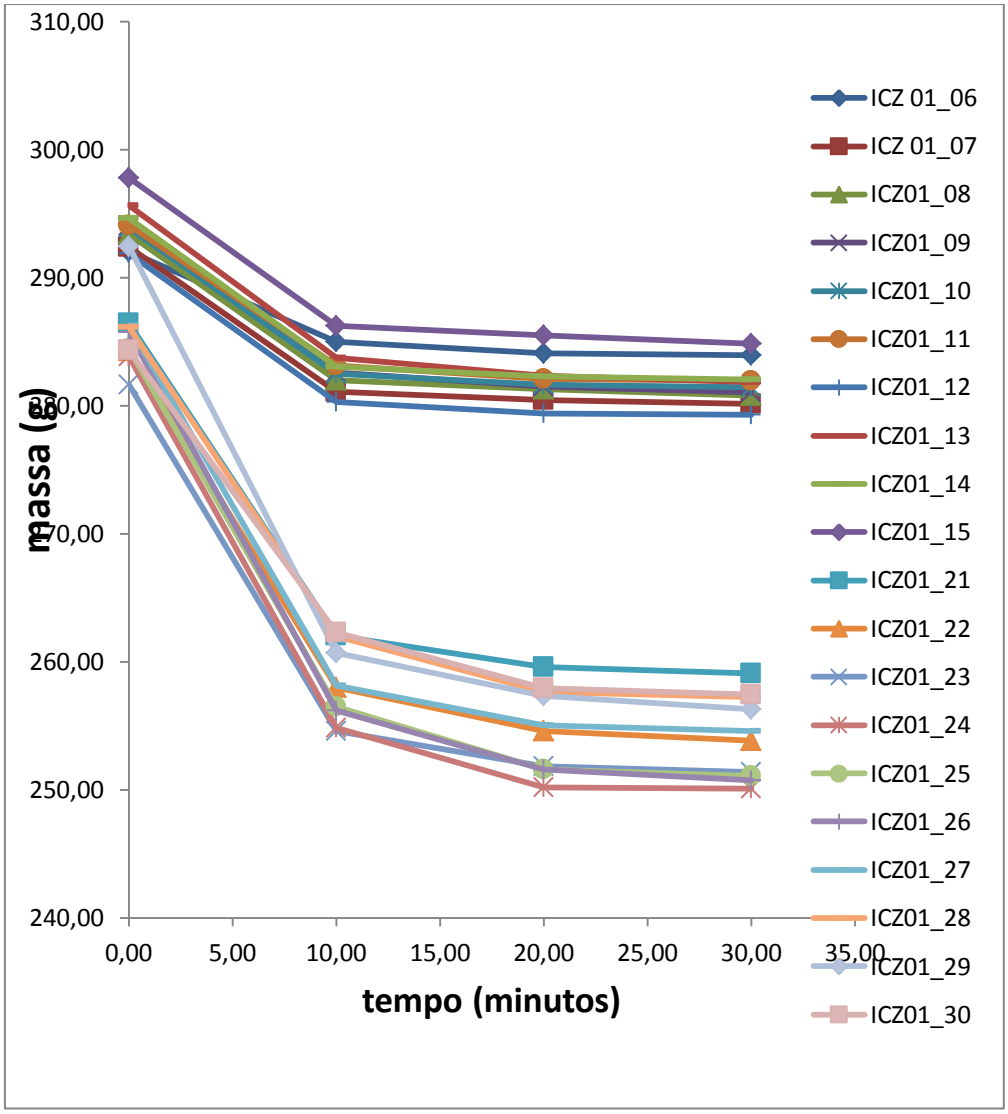
		(120µm). Total = 320µm
	2	1d epoxi AD cinza epoxi amina(25 µm) e 1 d uretano HS 2677 (70 µm. Total = 95µm
	3	1d epoxi damp tolerant(150 µm) + 1d N2628(100 µm) + 1d poliuretano(70 µm) Total: 320 µm
	4	1d epoxi oxido Fe micaceo (100 µm) + 1d poliuretano(70 µm) Total=170 µm
	5	1d epoxi macropoxi (50 µm) +1d epoxi poliamida (200 µm) +1d poliuretano (70 µm) Total = 320 µm
	6	Pré-tratamento com sulfossilano e 1 d epóxi damp tolerant (150 µm) + 1 d N2628 (100 µm) + 1 d poliuretano (70 µm). Total = 320 µm
	7	Pré-tratamento com solução de híbrido e 1 d epóxi damp tolerant (150 µm) + 1 d N2628 (100 µm) + 1 d poliuretano (70 µm). Total = 320 µm
Trifer	1	Pintura eletrostática a pó

4.3.1 Limpeza dos corpos de prova em aço carbono e aço carbono galvanizado após exposição

A limpeza dos corpos de prova após exposição e visando determinar, por ensaio gravimétrico, a perda de massa dos mesmos para cálculo da taxa de corrosão foi realizada conforme a norma ASTM G1 – 03 (2011) em seu anexo A1 Chemical Cleaning Procedures. Para os corpos de prova de aço carbono foi empregada a solução de Clarke, e para a limpeza dos corpos de prova de aço galvanizado foi empregada a solução de NH_4Cl (100g/L).Foram realizadas avaliações de perda de massa dos corpos de provas retirados, listados acima, conforme a norma ASTM G1 – 03 (2011). Corpos de prova "brancos", que não foram expostos, foram colocados na solução de limpeza pelo mesmo tempo para retirada de todos os produtos de corrosão e a perda de massa registrada foi usada para correção da perda de massa de cada corpo de prova. A Figura 9a mostra o resultado das curvas de cinética de retirada dos produtos de corrosão para os corpos de prova de aço carbono após um ano de exposição. A massa de cada corpo de prova precisa ser medida até que fique constante. A Figura 9b mostra o resultado das curvas de cinética de retirada dos produtos de corrosão para os corpos de prova de aço carbono após dois anos de exposição.



a)



b)

Figura 9 - a) Variação da massa de corpos de prova de aço carbono durante a decapagem em solução de Clarke. Os corpos de prova 03, 04 e 05 ficaram expostos na UPGN e os cps 18,19 e 20 a 50m da praia **por um ano**; b) Variação da massa dos corpos de prova de aço carbono após 24 meses de exposição Os cps ICZ01-06 a ICZ01-15 ficaram expostos na UPGN e os cps ICZ01-21 a ICZ01-30 ficaram expostos a 50 m da praia, **por dois anos**

Os corpos de provas foram avaliados pelas taxas de corrosão em comparação com as taxas especificadas conforme a norma ABNT NBR 14643 (baseada na ISO 9223:1992) – Corrosão Atmosférica – Classificação da Corrosividade de Atmosferas.

4.3.2 Avaliação das barras de aço embutidas em concreto

Os corpos de prova de barras de aço (vergalhões) embebidas em concreto tiveram seu desempenho avaliado conforme a norma ASTM C 876, válida para aço carbono sem revestimento, onde é medido o potencial de corrosão contra o eletrodo de referência Cu/CuSO4 saturado. O potencial dos vergalhões galvanizados também foi medido, mas apenas como dado referencial, uma vez que não há norma para comparação.

Após um ano, os cilindros de concreto foram quebrados e os vergalhões embutidos foram fotografados para verificação da existência de produtos de corrosão.

4.3.3 Avaliação dos corpos de prova pintados

Os corpos de prova pintados com e sem incisão após um ano de exposição foram escaneados para ter registro de seu aspecto e depois tiveram sua tinta retirada por imersão numa mistura de solventes: 50%v/v xilol, 25% metil etil cetona e 25% de acetato de etila e retirada com espátula de plástico A avaliação do desempenho foi feita segundo as normas ISO 12944, ASTM D610, ASTM D714, ASTM 1674 e ISO 4628-8.

Os corpos de prova pintados com e sem incisão após dois anos de exposição foram escaneados para registro de seu aspecto e depois tiveram a tinta retirada com um formão em torno da incisão para avaliar o grau de delaminação ocorrida sob a tinta a partir da incisão. Na avaliação dos cps pintados foram utilizadas as normas normas ISO 12944, ASTM D610, ASTM D714, ASTM 1674 e ISO 4628-8.

4.3.4 Metodologia para determinação da condutividade gerada por sais solúveis na superfície dos corpos de prova sem pintura

Os corpos de prova após terem sid oexpostos nos ambientes foram fixados em uma célula de acrílico, com área exposta de 28 cm^2, conforme ilustrado na Figura 10. Então, foram adicionados 9,0 mL de água deionizada em cada célula e após 10 minutos esse volume de água foi transferido para um tubo de ensaio para que a condutividade do eletrólito pudesse ser determinada por um condutivímetro modelo 856, da marca Metrohm, apresentado na Figura 11.

Figura 10 – Corpos de prova fixados em células de acrílico

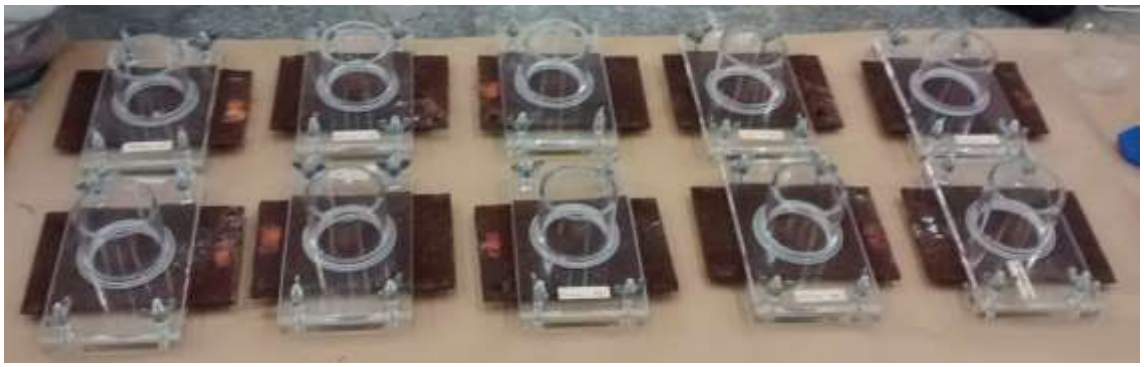


Figura 11 – Condutivímetro utilizado para a determinação da condutividade



5. Resultados

Os corpos de prova de aço carbono tiveram seu registro fotográfico feito antes da exposição e três retiradas de corpos de prova foram feitas para avaliação em laboratório; uma feita após 6 meses, outra após 12 meses de exposição e a terceira após dois anos de exposição, quando o projeto foi encerrado. Os corpos de prova foram escaneados após cada uma das retiradas.

5.1 Primeira retirada de corpos de prova após 6 meses de exposição

Após um pouco mais de seis meses de exposição (após 223 dias do início da exposição) foram retirados os corpos de prova de aço carbono sem pintura do painel situado a 500m da praia, nas instalações da UPGN: cps ICZ.01.01 e ICZ.01.02 e os corpos de prova de aço carbono sem pintura expostos a 50m da praia: ICZ.01.16 e ICZ.01.17 . Esses corpos de prova foram avaliados quanto à sua perda de massa para calcular a velocidade de corrosão pelo método gravimétrico, que envolve a pesagem dos corpos de prova antes da exposição e após a decapagem dos produtos de corrosão formados após exposição. Os resultados dos ensaios gravimétricos para determinação da perda de massa e perda de espessura dos corpos de prova estão apresentados nas Tabelas 3 e 4.

5.2 Segunda e terceira retiradas de corpos de prova após um ano e dois anos de exposição

A 2ª. retirada de corpos de provas foi realizada em **10/12/15,** após o período de 12 meses (instalação inicial realizada em **28/11/14**). Como esta 2ª avaliação foi a primeira anual, foram retirados 61 corpos de provas, descritos abaixo, para avaliação laboratorial pela Prof.ª Idalina Vieira Aoki da USP, visando diagnosticar a corrosividade do ambiente e a performance quanto à resistência à corrosão.

Corpos de prova que foram retirados após um ano são descritos a seguir:

- Painel B Praia – Aço Carbono - 03: ICZ 01.18, 01.19 e 01.20;

- Painel D Praia – Aço Carbono Galvanizado - 03: ICZ 02.11, 02.12 e 02.13;

- Painel 1 Praia – Aço Carbono Pintado e Aço Carbono Galvanizado Pintado:

Todos os 44 corpos de prova pintados retirados estão abaixo relacionados:

ICZ 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34, 40, 43, 46, 49, 52, 55, 58, 61, 64, 70, 73, 76, 79, 82, 85, 88, 91, 94, 100, 103, 106, 109, 112, 115, 118, 121, 124, 130, 133, 136, 139, 37, 67, 97 e 127.

- Painel A UPGN – Aço Carbono - 03: ICZ 01.03, 01.04 e 01.05;

- Painel C UPGN – Aço Carbono Galvanizado – 03: ICZ 02.02, 02.03 e 02.04;

- 05 corpos de provas de vergalhões embebidos em concreto, sendo 02 de aço carbono, 02 de aço carbono galvanizado por imersão a quente e 01 de aço carbono metalizado com zinco.

A terceira e última retirada dos cps foi feita em **14 de dezembro de 2016**, após dois anos de exposição, quando foram retirados todos os cps que tinham sido expostos. Nessa data foram retirados os seguintes corpos de prova:

- **Painel B Praia** – Aço Carbono (total de 10 cps) – corpos de prova ICZ .01.21 a ICZ.01.30;
- **Painel D Praia** – Aço Carbono Galvanizado sem incisão (total de 6 cps) : ICZ 02.14 a ICZ.02.19 ;
- - Aço Carbono Galvanizado com incisão de 0,5mm (total de 3 cps): ICZ.03.05, ICZ.03.06 e ICZ.03.07
- Aço Carbono Galvanizado com incisão de 2,0mm (total de 3 cps) : ICZ.04.05, ICZ.04.06 e ICZ.04.07.

- Painel 2 e Painel 3 na Praia – Aço Carbono Pintado e Aço Carbono Galvanizado Pintado:

Todos os corpos de prova pintados retirados estão abaixo relacionados:

ICZ11, ICZ12, ICZ15 e ICZ16, ICZ17 e ICZ18 (aço carbono pintado e sem incisão); ICZ20, ICZ21, ICZ23, ICZ24, ICZ26 e ICZ27 (aço carbono pintado e com incisão); ICZ29, ICZ30, ICZ32, ICZ33, ICZ35, ICZ36 (aço galvanizado pintado sem incisão); ICZ38, ICZ39 ,ICZ41, ICZ42, ICZ44, ICZ45, ICZ47, ICZ48, ICZ50, ICZ51 (aço galvanizado pintado com incisão); ICZ53, ICZ54 (aço carbono galvanizado por aspersão térmica e pintados); ICZ56, ICZ57 (aço carbono galvanizado pintado a pó e sem incisão), ICZ59 e ICZ60 (aço galvanizado pintado a pó e com incisão); ICZ62, ICZ63 (aço galvanizado pintado e sem incisão); ICZ65 e ICZ66 (aço galvanizado pintado a pó e com incisão); ICZ68, ICZ69 (aço carbono pintado); ICZ71 e ICZ72 (aço carbono galvanizado desengraxado pintado e sem incisão); ICZ74, ICZ75 (aço galvanizado pintado e com incisão); ICZ77, ICZ78 ((aço carbono pintado e sem incisão); ICZ80, ICZ81 (aço carbono pintado e com incisão); ICZ83, ICZ84 (aço galvanizado jateado e sem incisão); ICZ86, ICZ87 (aço galvanizado desengraxado e pintado sem incisão); ICZ89, ICZ90 (aço galvanizado desengraxado pintado e com incisão); ICZ92, ICZ93 (aço carbono pintado e sem incisão); ICZ95, ICZ96 (aço carbono pintado e sem incisão); ICZ98, ICZ99 (aço galvanizado pintado e sem incisão); ICZ101 e ICZ102 (aço galvanizado desengraxado e pintado sem incisão); ICZ104, ICZ105 (aço galvanizado jateado pintado com incisão); ICZ107, ICZ108 (aço carbono pintado sem incisão); ICZ110, ICZ111 (aço carbono pintado com incisão); ICZ113, ICZ114 (aço galvanizado jateado pintado e sem incisão); ICZ116, ICZ117 (aço galvanizado desengraxado e pintado sem incisão); ICZ119, ICZ120 (aço galvanizado

jateado pintado e com incisão); ICZ122, ICZ123 (aço carbono pintado e sem incisão); ICZ125, ICZ126 (aço carbono pintado e com incisão); ICZ128, ICZ129 (aço galvanizado pintado e sem incisão); ICZ131, ICZ132 (aço galvanizado desengraxado e pintado sem incisão); ICZ134, ICZ135 (aço galvanizado jateado e com incisão); ICZ137, ICZ138 (aço carbono pintado e sem incisão); ICZ140, ICZ141 (aço carbono pintado e com incisão); ICZ142 (aço galvanizado pre-tratado com sulfossilano pintado e sem incisão); ICZ143 (aço galvanizado pre-tratado com sulfossilano pintado e com incisão); ICZ144 (aço galvanizado pre-tratado com híbrido epóxi silano pintado e sem incisão), ICZ145 (aço galvanizado pre-tratado com híbrido epóxi silano pintado e com incisão).

- **Painel A UPGN** – Aço Carbono (total de 10 cps): ICZ. 01.06 a ICZ. 01.15;

- **Painel C UPGN** – Aço Carbono Galvanizado sem incisão (total de 6 cps)): ICZ.02.01, ICZ.02.05 a ICZ.02.10;

- Aço Carbono Galvanizado com incisão de 0,5mm (total de 4 cps): ICZ.03.01, ICZ.03.02, ICZ.03.03 e ICZ.03.04.

- Aço Carbono Galvanizado com incisão de 2,0 mm (total de 4 cps): ICZ.04. 01, ICZ.04.02, ICZ.04.03 e ICZ.04.04

Recebemos da última retirada:
- 38 chapas pintadas e com corte;
- 54 chapas pintadas sem corte;
- 20 chapas de aço carbono sem pintura;
- 24 chapas de aço zincado sem pintura..

5.2.1 – Resultados de velocidade de corrosão por ensaios gravimétricos

A Tabela 3 mostra os resultados de velocidade de corrosão em termos do ganho de massa, r_{gm} , perda de massa, r_{corr}, e perda de espessura equivalente para os corpos de prova de aço carbono expostos na UPGN no painel A.

A Tabela 4 mostra os resultados de velocidade de corrosão em termos de ganho de massa, r_{gm} , perda de massa, r_{corr}, e perda de espessura equivalente para os corpos de prova de aço carbono expostos na PRAIA no painel B

Tabela 3 – Resultados de velocidade de corrosão para os corpos de prova de aço carbono expostos na UPGN Painel B. Os cps 01 e 02 (por 6 meses) e os cps 03,04 e 05 (por 1 ano) e os cps 06 a 15 (por dois anos)

Corpo de prova	r_{gm}	r_{corr}	r_{corr}	r_{corr}	r_{corr}	DP	**Perda espessura**					
	(mg/m2. dia)	(mg/m2. dia)	média	(g/m2. ano	média		m/ano	0,024	**24,05**	média (µm/ano)	DP	Categoria
ICZ.01.01	285,0	518,6		**189,3**			2,40E-05	0,024	**23,89**			
ICZ.01.02	279,0	515,0	**516,8**	**188,0**	**188,6**	0,9	2,38E-05	0,024	**24,08**	24,0	0,1	**C2**
ICZ.01.03	287,7	519,3		**189,5**			2,408E-05	0,021	**20,73**			

ICZ.01.04	263,1	446,9		**163,1**			2,073E-05	0,022	**21,76**			
ICZ.01.05	283,8	469,2	**478,4**	**171,3**	**174,6**	13,5	2,176E-05	0,0175	**17,54**	**22,19**	1,72	**C2**
ICZ.01.06	-36,55	378,10		138,01			1,754E-05	0,0169	**16,87**			
ICZ.01.07	163,16	363,70		132,75			1,687E-05	0,0176	**17,55**			
ICZ.01.08	161,41	378,51		138,16			1,755E-05	0,0184	**18,38**			
ICZ.01.09	164,04	396,32		144,66			1,838E-05	0,0175	**17,47**			
ICZ.01.10	158,41	376,76		137,52			1,747E-05	0,0169	**16,94**			
ICZ.01.11	158,65	365,21		133,30			1,694E-05	0,0185	**18,48**			
ICZ.01.12	142,93	398,44		145,43			1,848E-05	0,0198	**19,80**			
ICZ.01.13	162,02	427,00		155,85			1,98E-05	0,0176	**17,61**			
ICZ.01.14	156,30	379,65		138,57			1,761E-05	0,0182	**18,15**			
ICZ.01.15	162,05	391,37	**385,5**	142,85	**140,7**	**6,8**	1,815E-05	0,0182	**18,15**	**17,88**	0,87	**C2**

Tabela 4 – Resultados de velocidade de corrosão para os corpos de prova de aço carbono expostos na PRAIA Painel A. Os cps 16 e 17 (por 6meses) e os cps 18, 19 e 20 (por 1 ano) e os cps 21 a 30, por dois anos

Corpo de prova	**r_{gm} (mg/m 2.dia)**	**r_{corr} (mg/m 2.dia)**	**r_{corr} média**	**r_{corr} (g/m^2.ano)**	**r_{corr} média**	**DP**	**Perda de Espessura**					Categoria agressividade
							m/ano	**mm/ ano**	**µm/ ano**	**Média**	**DP**	
ICZ.01.16	445,2	1113,8		**406,5**			5,17E-05	0,052	51,66			
ICZ.01.17	444,4	1119,2	**1116,5**	**408,5**	**407,5**	1,4	5,19E-05	0,052	51,91	**51,8**	**0,2**	**C4**
ICZ.01.18	504,6	1337,0		**488,0**			6,201E-05	0,062	**62,01**			
ICZ.01.19	456,2	1180,3		**430,8**			5,474E-05	0,055	**54,74**			
ICZ.01.20	572,8	1263,4	**1260,3**	**461,1**	**460,0**	28,6	5,859E-05	0,059	**58,59**	**58,4**	**3,6**	**C4**
ICZ.01.21	-234,4	1419,2		**518,00**			6,582E-05	0,0658	**65,82**			
ICZ.01.22	-342,4	1654,9		**604,03**			7,675E-05	0,0768	**76,75**			
ICZ.01.23	-283,4	1595,7		**582,41**			7,4E-05	0,0740	**74,00**			
ICZ.01.24	-305,4	1767,2		**645,03**			8,196E-05	0,0820	**81,96**			
ICZ.01.25	-170,5	1608,7		**587,16**			7,461E-05	0,0746	**74,61**			
ICZ.01.26	-214,4	1726,9		**630,33**			8,009E-05	0,0801	**80,09**			
ICZ.01.27	-283,3	1643,6		**599,93**			7,623E-05	0,0762	**76,23**			
ICZ.01.28	-206,9	1455,3		**531,20**			6,75E-05	0,0675	**67,50**			
ICZ.01.29	-25,5	1576,0		**575,23**			7,309E-05	0,0731	**73,09**			
ICZ.01.30	-169,0	1337,9	**1578,5**	**488,3**	**576,2**	49,8	6,205E-05	0,0621	**62,05**	**73,21**	**6,3**	**C4**

Os resultados mostram que com 6 meses de exposição chegou-se na mesma classe de agressividade da atmosfera que com os cps expostos por 12 meses (esta retirada conforme prescrito na norma ISO 9223).

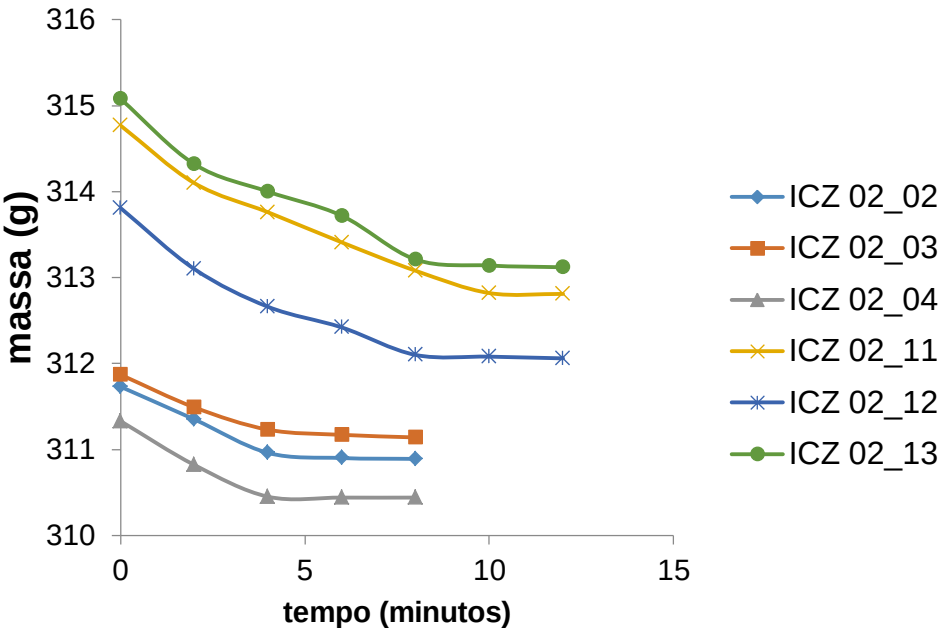
Os corpos de prova em aço carbono do painel A, localizados na região da UPGN, a 500 metros da praia, ICZ 01.01 e ICZ 01.02, foram retirados com 6 meses de exposição e os corpos de prova ICZ 01.03, 01.04 e 01.05

foram retirados após 12 meses, para análise laboratorial. Os resultados, mostrados na Tabela 3, após 12 meses, permitem classificar a categoria de agressividade do ambiente perto da praia como C2 – baixa.

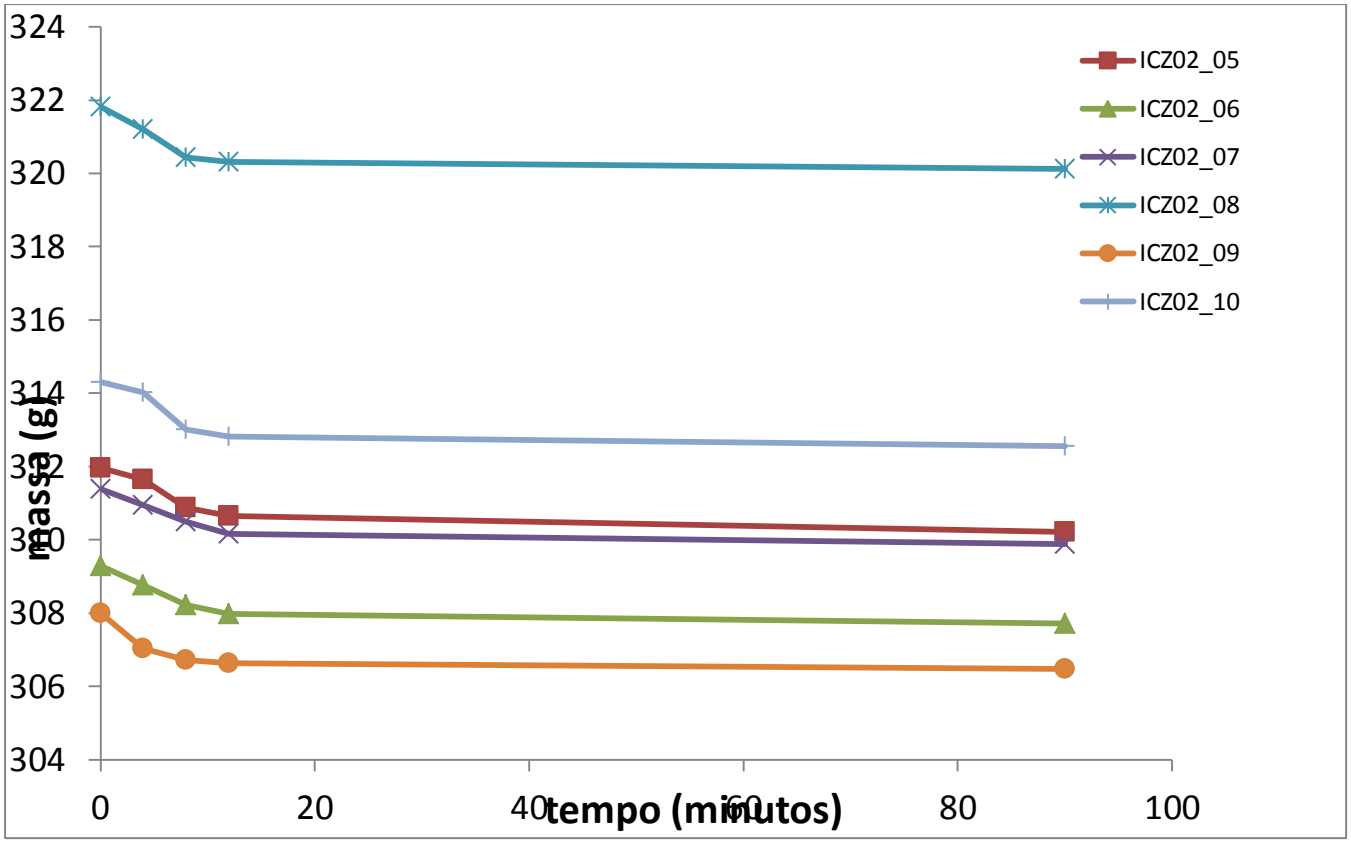
Os corpos de provas em aço carbono do painel B - localizados a 50 metros da praia, ICZ 01.16 e ICZ 01.17, foram retirados com 6 meses de exposição e os ICZ 01.18, 01.19 e 01.20 foram retirados com 12 meses de exposição, para análise laboratorial. Os resultados, demonstrados na Tabela 4, após 12 meses, permitem classificar a categoria do ambiente perto da praia como C4 – severa. Os resultados após 24 meses de exposição permitem classificar a agressividade do local como sendo C4. Deve-se ressaltar que segundo a ISO 9223 o que vale é a classificação obtida com 12 meses de exposição.

Para os corpos de provas de aço carbono galvanizados por imersão a quente, foram realizadas as mesmas análises laboratoriais, isto é, de determinação da velocidade de corrosão do aço por ganho de massa, perda de massa e perda de espessura e assim poder definir a categoria de agressividade do ambiente, conforme a norma ISO 9223, **após um ano de exposição**.

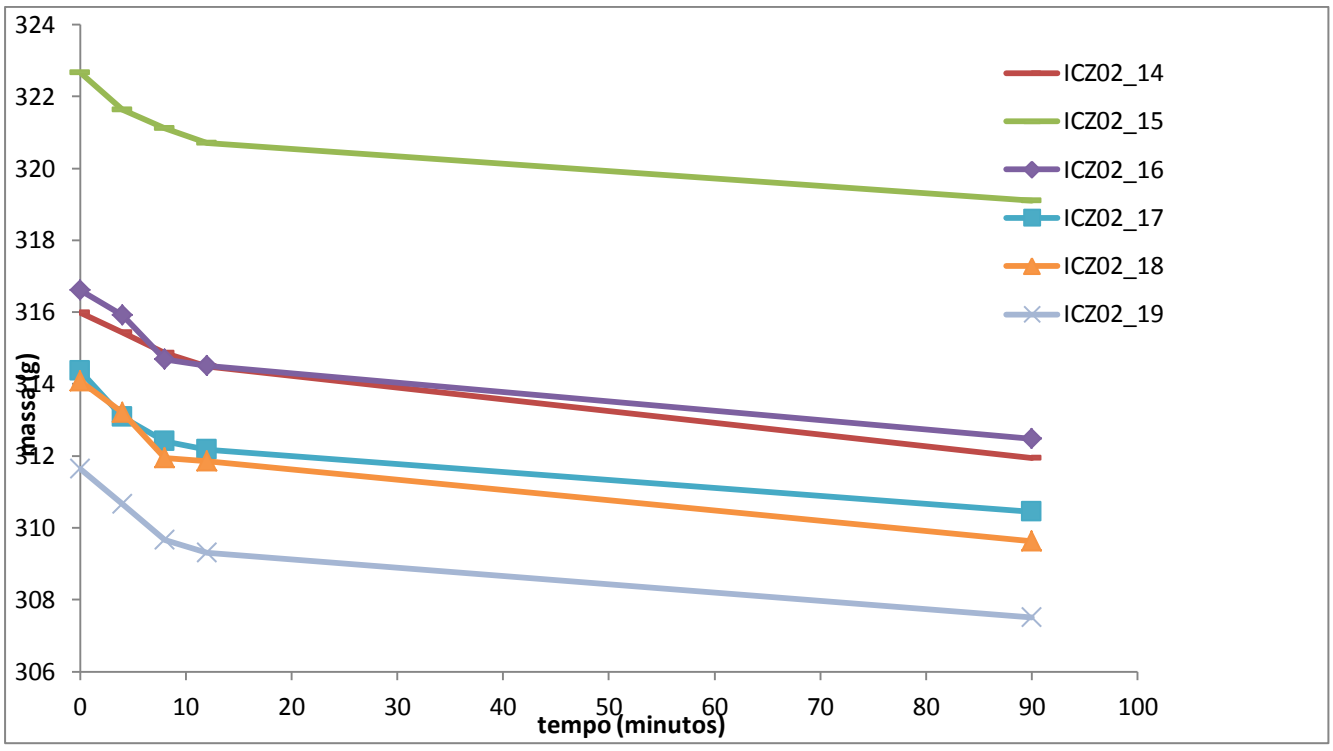
Os resultados de perda de massa durante a limpeza dos corpos de prova expostos nos dois locais (a 50m e a 500m da praia) são mostrados na Figura 12.



a)



b)



c)

Figura 12 – a) Variação da massa dos corpos de prova durante a decapagem de aço galvanizado em solução de NH_4Cl à 70^0C. Os cps 02. 03 e 04 foram expostos por um ano na UPGN e os cps 11, 12 e 13 foram expostos na PRAIA por um ano. b) Variação da massa dos corpos de prova durante a decapagem de aço galvanizado

em solução de NH_4Cl à 70^0C. Os cps ICZ.02.05 a ICZ.02.10 foram expostos por dois anos na UPGN e c) os cps ICZ 02.14 a ICZ.02.19 foram expostos na PRAIA por dois anos.

Nota-se que o comportamento da perda de massa dos cps varia com o local de exposição. Os cps expostos na UPGN mostraram que atingiram massa constante após 12 minutos de imersão na solução de decapagem. Já os cps expostos na beira da praia mostraram uma tendência de aumento de perda de massa, mesmo após 90 minutos de imersão na solução decapante. A perda de massa do cp branco (sem ter sido exposto no local e limpo na mesma solução decapante) foi muito pequena mesmo após 90 minutos de imersão na solução de decapagem.

A Tabela 5 mostra os resultados de velocidade de corrosão em termos do ganho de massa, r_{gm} , perda de massa, r_{corr}, e perda de espessura equivalente para os corpos de prova de aço carbono galvanizado expostos na UPGN no painel C por um ano.

A Tabela 6 mostra os resultados de velocidade de corrosão em termos de ganho de massa, r_{gm} , perda de massa, r_{corr}, e perda de espessura equivalente para os corpos de prova de aço carbono galvanizado expostos na PRAIA no painel D por um ano.

Tabela 5 – Resultados de velocidade de corrosão para os corpos de prova de aço carbono galvanizado expostos na UPGN Painel C. Os cps 02,03 e 04 foram expostos por 1 ano e os cps 05 a 10 foram expostos por 2 anos.

Corpo de prova	r_{gm}	r_{corr}	r corr	r corr	r corr	DP	Perda espessura				D P	Cla sse
	(mg/m2. dia)	(mg/m2 .dia)	méd ia	(g/m2 .ano	média		m/ ano	mm/an o	µm/ ano	média		
ICZ.02.01	espelho											
ICZ.02.02	29,2	38,6		14,1			1,98E-06	0,002	**1,98**			
ICZ.02.03	34,3	25,8		9,4			1,32E-06	0,001	**1,32**			
ICZ.02.04	35,4	38,8	**34,4**	14,2	**12,6**	2,7	1,99E-06	0,002	**1,99**	**1,76**	**0,4**	**C3**
ICZ.02.05	36,8	37,3		13,6			1,91E-06	0,0019	1,91			
ICZ.02.06	38,3	30,1		11,0			1,54E-06	0,0015	1,54			
ICZ.02.07	24,1	21,3		7,8			1,09E-06	0,0011	1,09			
ICZ.02.08	41,6	30,8		11,3			1,58E-06	0,0016	1,58			
ICZ.02.09	38,9	25,4		9,3			1,30E-06	0,0013	1,30			
ICZ.02.10	37,7	26,4	**28,5**	9,7	**10,4**	2,0 0	1,35E-06	0,0014	1,35	**1,46**	**0,2 8**	**C3**

Tabela 6 – Resultados de velocidade de corrosão para os corpos de prova de aço carbono galvanizado expostos na PRAIA Painel D. Os cps 02.11, 02.12 e 02.13 foram expostos por 1 ano.

Corpo de prova	r_{gm}	r_{corr}	r_{corr}	r_{corr}	r_{corr}	DP	Perda espessura					Classe
	(mg/m2.dia)	(mg/m2.dia)	média	(g/m2.ano	média		m/ano	mm/ano	µm/ano	média	DP	
ICZ.02.11	78,9	87,5		31,9			4,5E-06	0,0045	4,47			
ICZ.02.12	73,5	76,1		27,8			3,9E-06	0,0039	3,89			
ICZ.02.13	73,6	94,4	**86,0**	34,5	**31,4**	**3,4**	4,8E-06	0,005	**4,83**	**4,40**	0,5	**C5**
ICZ.02.14	59,5	110,9		40,49			5,7E-06	0,0057	**5,67**			
ICZ.02.15	76,3	74,2		27,06			3,8E-06	0,0038	**3,79**			
ICZ.02.16	78,2	101,7		37,10			5,2E-06	0,0052	**5,20**			
ICZ.02.17	82,9	88,1		32,14			4,5E-06	0,0045	**4,50**			
ICZ.02.18	92,8	101,9		37,21			5,2E-06	0,0052	**5,21**			
ICZ.02.19	144,9	99,2	**96,0**	36,21	**35,0**	**4,7**	5,1E-06	0,0051	**5,07**	**4,91**	0,66	**C5**

A agressividade medida pelo aço galvanizado não coincidiu com a agressividade classificada com os corpos de prova de aço carbono, tendo sido maior. É preciso ressaltar que na norma ISO 9223, o zinco se refere a placas de zinco laminado e neste trabalho se trata de zinco depositado por imersão a quente, que por ter microestrutura diferente, apresenta velocidade de corrosão um pouco maior. Vale notar que a velocidade de perda de espessura do aço carbono é dez vezes maior que a perda de espessura de aço galvanizado para o mesmo nível de agressividade do meio. Os resultados de velocidade de corrosão após dois anos de exposição levaram à mesma classificação de agressividade que após um ano de exposição (esta segundo a ISO 9223). Isso mostra a coerência dos resultados obtidos no projeto.

5.2.2 Aspecto dos corpos de prova de aço carbono e aço galvanizado após a exposição

O aspecto dos corpos de prova de aço carbono, após diferentes tempos de exposição é mostrado na Figura 13. A Figura 13 mostra o aspecto dos corpos de prova de aço galvanizado por imersão à quente após diferentes tempos de exposição

Colocar imagem de um cp de aço e um cp galvanizado antes da exposição (essas imagens estão no CD entregue pelo Ricardo – vou pegar na minha sala na USP).

 Aço carbono após 6 meses de exposição na UPGN	Aço carbono após 6 meses de exposição a 50 m da praia (ICZ.01.16)

Aço carbono após 12 meses de exposição na UPGN, Atalaia, SE (ICZ.01.04)	 Aço após 12 meses de exposição a 50 m da praia de Atalaia, SE (ICZ.01.19)
 Aço carbono após 24 meses de exposição na UPGN, Atalaia, SE(ICZ.01.06)	 Aço após 24 meses de exposição a 50 m da praia de Atalaia, SE (ICZ.01.22)

Figura 13 – Aspecto dos corpos de prova de aço carbono após 6, 12 e 24 meses de exposição em Atalaia, SE, dentro da UPGN ou a 50m da praia

A quantidade e espessura dos produtos de corrosão são flagrantemente maiores no cp após 12 meses e após 24 meses de exposição na praia em comparação com os cps expostos por períodos iguais na UPGN. Esses resultados corroboram a classificação de agressividade nos dois sítios de exposição (C2 para UPGN e C4 para a 50m da praia de Atalaia).

Fica clara a maior agressividade do ambiente à beira da Praia de Atalaia para aço carbono, quando comparado com o ambiente dentro da UPGN. Esses resultados reforçam as classificações obtidas da agressividade dos dois ambientes com os corpos de prova de aço carbono, segundo a ISO 9223, sendo **C2 para a UPGN e C4 para a beira da Praia de Atalaia**.

O aspecto de corpos de prova de aço carbono galvanizado, após um ano e após 2 anos de exposição em Atalaia, dentro da UPGN ou a 50m da praia, é mostrado na Figura 14.

Aço carbono galvanizado após 12 meses de exposição na UPGN, Atalaia, SE (ICZ.02.1)	 Aço carbono galvanizado após 12 meses de exposição na beira da praia de Atalaia, SE (ICZ.02.11)



Aço carbono galvanizado após 24 meses de exposição na UPGN, Atalaia, SE (ICZ.02.06)



Aço carbono galvanizado após 24 meses de exposição a 50m da Praia de Atalaia, Atalaia, SE (ICZ.02.15)



Aço galvanizado após 24 meses de exposição na UPGN, com incisão de 0,5mm
ICZ.03.01



Aço galvanizado após 24 meses de exposição na beira da praia Atalaia, com incisão de 0,5mm ICZ.03.05)

Figura 14 – Aspecto dos corpos de prova de aço galvanizado por imersão à quente após 6, 12 e 24 meses de exposição em Atalaia, SE, dentro da UPGN ou a 50m da praia

A Figura 14 mostra que o corpo de prova de aço zincado não apresenta nenhum sinal de produto de corrosão do substrato de aço carbono, provando o poder de proteção contra a corrosão do revestimento ode zinco por imersão a quente. Fica clara a maior agressividade do ambiente à beira da Praia de Atalaia quando comparado com o ambiente dentro da UPGN. Esses resultados reforçam as classificações obtidas da agressividade dos dois ambientes com os corpos de prova galvanizados a quente, segundo a ISO 9223, sendo C3 para a UPGN e C5 para a beira da Praia de Atalaia. Os corpos de prova com incisão revelam o poder de proteção do zinco ao aço mesmo na presença de um defeito.

5.2.3 – Resultado das medidas de condutividade de solução de extração dos cloretos dos cps expostos

Os resultados de medida indireta do teor de cloretos pela medida de condutividade de água de extração de sais solúveis da superfície dos corpos de prova de aço carbono, após exposição por 24 meses na UPGN e a 50 m da Praia de Atalaia, estão reunidos na Tabela 7. Os resultados para aço galvanizado estão reunidos na Tabela 8.

Tabela 7 – Medidas de condutividade obtidas após extração dos sais solúveis da superfície dos corpos de prova de aço carbono expostos por dois anos

Aço carbono				
Corpo de prova	**Condutividade µS/cm²**	**Média µS/cm²**	**DP**	**Local**
ICZ.01.06	65,6			UPGN
ICZ.01.07	73,1			UPGN
ICZ.01.08	76,0			UPGN
ICZ.01.09	77,2			UPGN
ICZ.01.10	56,4	**57**	**15**	UPGN
ICZ.01.11	52,2			UPGN
ICZ.01.12	50,4			UPGN
ICZ.01.13	45,0			UPGN
ICZ.01.14	38,8			UPGN
ICZ.01.15	37,9			UPGN
ICZ.01.21	92,9			PRAIA
ICZ.01.22	241,3			PRAIA
ICZ.01.23	176,8			PRAIA
ICZ.01.24	103,9			PRAIA
ICZ.01.25	201,6	**158**		PRAIA
ICZ.01.26	156,4	**48**		PRAIA
ICZ.01.27	124,2			PRAIA
ICZ.01.28	131,3			PRAIA
ICZ.01.29	146,0			PRAIA
ICZ.01.30	206,5			PRAIA

DP = desvio padrão

8 – Medidas de condutividade obtidas após extração dos sais solúveis da superfície dos corpos de prova de aço galvanizado por imersão a quente expostos por dois anos

Aço galvanizado a quente				
Corpo de prova	**Condutividade µS/cm²**	**Local**	**Média**	**DP**
ICZ. 02.05	92,3	UPGN		
ICZ. 02.06	113,7			
ICZ. 02.07	89,7		**127**	**65**
ICZ.02.08	99,9			
ICZ.02.09	259,3			
ICZ.02.10	109,6			
ICZ.02.14	226,0	PRAIA		
ICZ.02.15	229,2			
ICZ.02.16	298,4		**246**	**30**
ICZ.02.17	246,3			
ICZ.02.18	259,9			
ICZ.02.19	218,4			
ICZ.03.01	204,0	UPGN		
ICZ.03.02	96,7	incisão 0,5mm		
ICZ.03.03	172,9			
ICZ.03.04	92,7			
ICZ.03.05	242,5	PRAIA		
ICZ.03.06	238,1	incisão 0,5mm		
ICZ.03.07	260,8			
ICZ.04.01	207,7	UPGN		
ICZ.04.02	97,1	incisão 2,0mm		
ICZ.04.03	125,2			
ICZ.04.04	109,7			
ICZ.04.05	241,4	PRAIA		
ICZ.04.06	242,6	incisão 2,0mm		
ICZ.04.07	272,4			

Os valores de condutividade mostram as diferenças entre os dois locais onde os corpos de prova foram expostos, ficando clara a maior quantidade de cloretos à beira da praia comparado com a localização dentro da UPGN. Os teores de cloretos que são proporcionais aos sais solúveis determinados indiretamente pela medida de condutividade da solução de extração deles, de uma mesma área da superfície dos corpos de prova não pintados. Outro ponto interessante é a maior presença de cloretos a partir de sais solúveis extraídos da superfície dos corpos de prova galvanizados em comparação com os corpos de prova de aço carbono expostos no mesmo local. A causa provável para essa maior quantidade de cloretos possa ser uma maior interação do zinco com os cloretos pela formação de compostos complexos estáveis como $ZnCl_4^{2-}$, $ZnCl_3^{1-}$, $ZnCl_2$ e $ZnCl^{1+}$e $[Zn(H_20)_6]^{2+}$ [ref japones].

5.2.4 – Aspecto dos parafusos galvanizados por imersão a quente após um ano de exposição na praia de Atalaia

A Figura 15 mostra o aspecto de alguns parafusos após 12 meses de exposição a 50m da praia de Atalaia.



Figura 15 - Aspecto de alguns parafusos de aço galvanizado após 12 meses de exposição a 50m da praia de Atalaia. a) Lateral dos parafusos – posição recebia o vento diretamente b) Lateral dos parafusos – posição que não recebia o vento diretamente; c) cabeça dos parafusos

A posição que recebia diretamente os ventos vindos do mar está visivelmente mais atacada com a presença visível dos primeiros sinais de corrosão vermelha, com produtos provenientes do substrato de aço carbono.

Falta mostrar os resultados dos parafusos após 24 meses. Falta fazer avaliação dos cps que chegaram ao lab.

5.2.5 Resultados de aspecto dos corpos de prova de aço carbono pintados e sem defeito provocado após um ano de exposição na PRAIA

A tabela 9 foi montada levando em conta o planejamento feito e a atribuição da condição de cada corpo de prova.

Tabela 9 – Aspecto dos corpos de prova de aço carbono pintado (sistema duplex) e sem defeito provocado que foram escaneados após o decorrido um ano de exposição próximo à praia de Atalaia

 ICZ 10 AC jateado SA 2 ½ com sistema 1 de pintura Marangoni	 ICZ 13 AC jateado SA 2 ½ com sistema 2 de pintura Marangoni.	 ICZ 16 AC jateado SA 2 ½ com sistema 3 de pintura Marangoni

 ICZ 76 AC jateado AC + sistema 1 de pintura da SW	 ICZ 91 AC jateado AC + sistema 2 de pintura da SW	 ICZ 106 AC jateado AC + sistema 3 de pintura da SW
 ICZ 121 AC jateado AC + sistema 4 de pintura da SW	 ICZ 136 AC jateado AC + sistema 5 de pintura da SW	

Para aço carbono os sistemas de pintura da Marangoni apresentam melhor aspecto após um ano de exposição e sem ponto de corrosão. Os corpos de prova da SW tiveram muito ataque via a proteção nas suas bordas. O sistema 5 da SW é o melhor para aço carbono. Os sistemas 2 e 3 da Marangoni se apresentaram com boa resistência à corrosão sobre aço carbono. É importante frisar que a melhor forma de avaliar os sistemas de pintura é quando se provoca a incisão longitudinal nos corpos de prova pintados.

Tabela 10 - Aspecto dos corpos de prova de aço carbono pintado (sistema duplex) e sem defeito provocado que foram escaneados após decorridos dois anos de exposição próximo à praia de Atalaia

 ICZ 11 ICZ 11 AC jateado SA 2 ½ com sistema 1 de pintura Marangoni	 ICZ 14 AC jateado SA 2 ½ com sistema 2 de pintura Marangoni.	 ICZ 17 AC jateado SA 2 ½ com sistema 3 de pintura Marangoni
 ICZ 77 AC jateado AC + sistema 1 de pintura da SW	 ICZ 92 AC jateado AC + sistema 2 de pintura da SW	 ICZ 107 AC jateado AC + sistema 3 de pintura da SW

 ICZ 122 AC jateado AC + sistema 4 de pintura da SW	 ICZ 137 AC jateado AC + sistema 5 de pintura da SW	

5.2.6 Resultados de aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintados (Sistema Duplex) e sem defeito provocado, após um ano de exposição na PRAIA

Os resultados mostrando o aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado expostos por um ano na praia de Atalaia, Sergipe, estão reunidos na Tabela 8.

Tabela 11 – Aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintado (sistema duplex) e sem defeito provocado que foram escaneados após **o decorrido um ano de exposição** próximo à praia de Atalaia

 ICZ 28 AZ Armco + sistema 1 de	 ICZ 31 AZ Armco + system 2 de	 ICZ 34 AZ Armco + sistema 3 de

pintura Marangoni	pintura Marangoni.	pintura Marangoni
 ICZ 37 AZ **Marangoni passivado** + sistema 1 de pintura Marangoni	 ICZ 40 AZ **Marangoni não passivado** + sistema 1 de pintura Marangoni	 ICZ 52 AZ **aspersão térmica** + sistema 1 de pintura Marangoni
 ICZ 55 AZ **Trifer** com pintura eletrostática a pó Trifer	 ICZ 61 AZ **Armco** com pintura eletrostática a pó Trifer	 ICZ 67 AZ Armco jateado GJ + sistema 1 de pintura da SW

 ICZ 70 AZ Armco desengraxado scotch brite GD + sistema 1 de pintura da SW	 ICZ 82 AZ Armco jateado GJ + sistema 2 de pintura da SW	 ICZ 85 AZ Armco desengraxado scotch brite GD + sistema 2 de pintura da SW
 ICZ 97 AZ jateado GJ + sistema 3 de pintura da SW	 ICZ 100 AZ desengraxado scotch brite GD + sistema 3 de pintura da SW	 ICZ 112 AZ jateado GJ + sistema 4 de pintura da SW

		
ICZ 115 AZ desengraxado scotch brite GD + sistema 4 de pintura da SW	ICZ 127 AZ jateado GJ + sistema 5 de pintura da SW	ICZ 130 AZ desengraxado scotch brite GD + sistema 5 de pintura da SW

Os resultados mostrando o aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado expostos por **dois anos** na praia de Atalaia, Sergipe, estão reunidos na Tabela XXX.

Tabela 12 – Aspecto dos corpos de prova de <u>aço carbono galvanizado pintado</u> (sistema duplex) e <u>sem defeito provocado</u> que foram escaneados após **decorridos dois anos de exposição** próximo à praia de Atalaia

		
ICZ 29 AZ Armco + sistema 1 de pintura Marangoni	ICZ 32 AZ Armco + system 2 de pintura Marangoni.	ICZ 35 AZ Armco + sistema 3 de pintura Marangoni

 ICZ38 AZ **Marangoni passivado** + sistema 1 de pintura Marangoni	 ICZ41 AZ **Marangoni não passivado** + sistema 1 de pintura Marangoni	 ICZ53 AZ **aspersão térmica** + sistema 1 de pintura Marangoni
 ICZ 56 AZ **Trifer** com pintura eletrostática a pó Trifer	 ICZ 62 AZ **Armco** com pintura eletrostática a pó Trifer	 ICZ 68 AZ Armco jateado GJ + sistema 1 de pintura da SW

 ICZ 71 AZ Armco desengraxado scotch brite GD + sistema 1 de pintura da SW	 ICZ 83 AZ Armco jateado GJ + sistema 2 de pintura da SW	 ICZ 86 AZ Armco desengraxado scotch brite GD + sistema 2 de pintura da SW
 ICZ 98 AZ jateado GJ + sistema 3 de pintura da SW	 ICZ 101 AZ desengraxado scotch brite GD + sistema 3 de pintura da SW	 ICZ 113 AZ jateado GJ + sistema 4 de pintura da SW

		
ICZ 116 AZ desengraxado scotch brite GD + sistema 4 de pintura da SW	ICZ 128 AZ jateado GJ + sistema 5 de pintura da SW	ICZ 131 AZ desengraxado scotch brite GD + sistema 5 de pintura da SW
		
ICZ142 AZ lavado + pré-tratamento sulfossilano _ sistema 1 SW	ICZ144 AZ lavado + pré-tratamento híbrido _ sistema 1 SW	

Os tratamentos do zincado antes da pintura desengraxados com scotch brite (GD) e o jateado GJ não mostraram diferença no desempenho sem a presença de defeito provocado. Nos dois casos, se eliminam os cloretos que porventura contaminem a superfície do zincado.

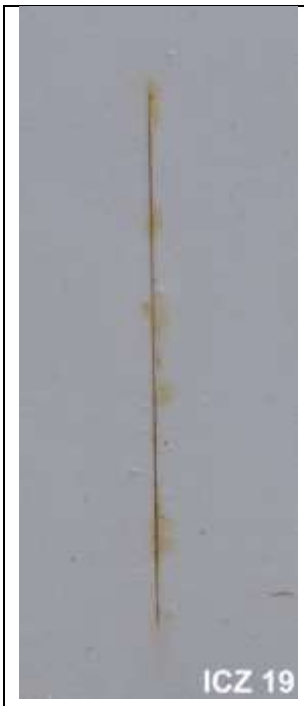
Após dois anos de exposição à beira da Praia de Atalaia, SE, os corpos de prova com sistema duplex, galvanizado por imersão a quente e pintado, mostraram desempenho muito superior aos corpos de

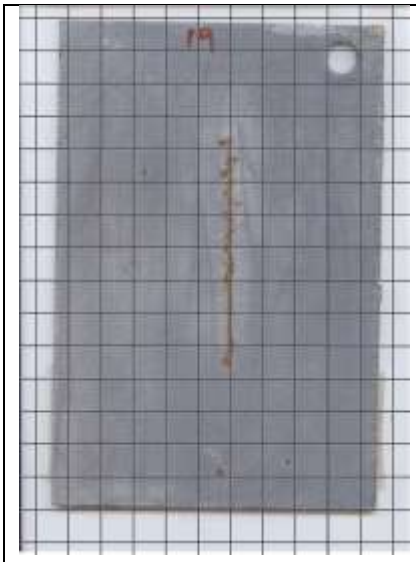
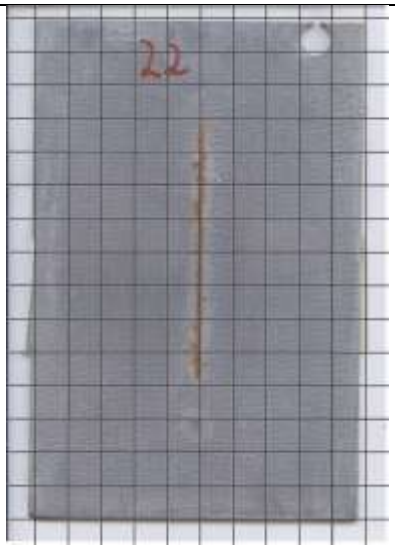
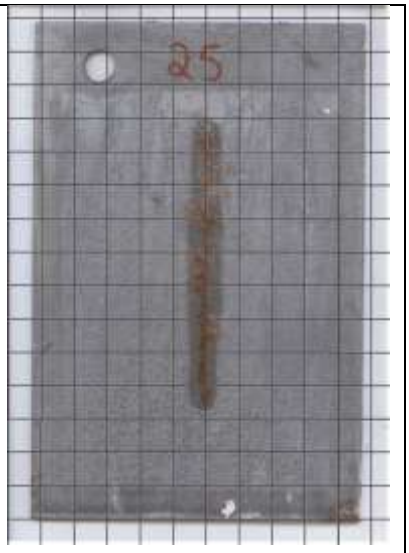
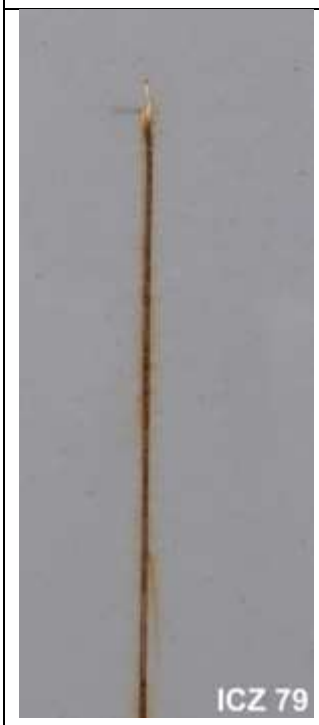
prova de aço carbono pintados. A observação das bordas dos cps de aço para os sistemas de pintura da SW mostram muita fragilidade e pouca proteção ao substrato de aço, mas no caso dos cps galvanizados, mesmo utilizando o mesmo sistema de proteção das bordas, estas se mostram íntegras, sem ataque, o que vem corroborar o efeito protetor da galvanização.

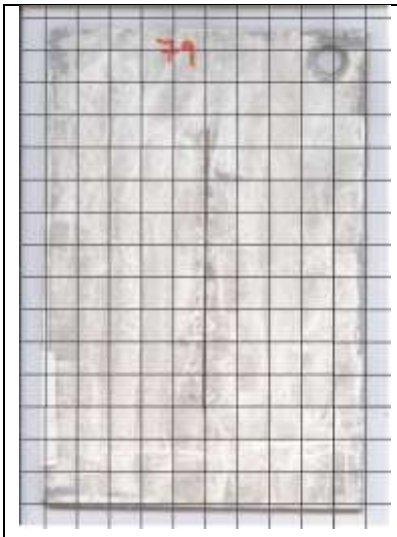
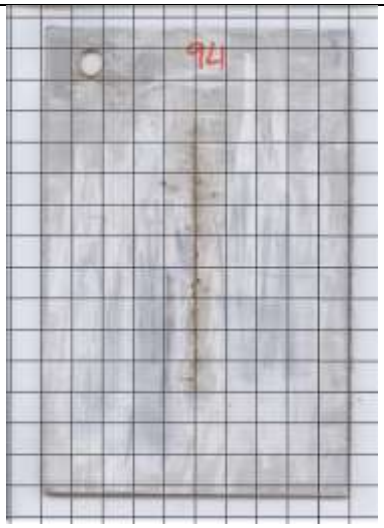
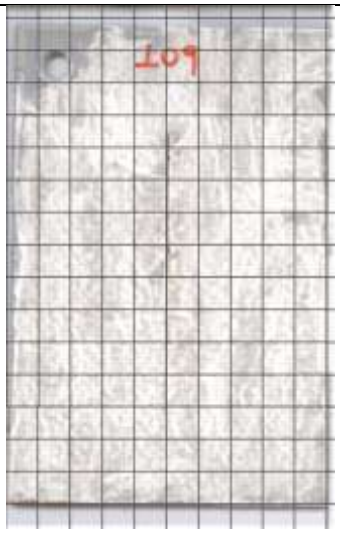
5.2.6 Resultados do aspecto dos corpos de prova de aço carbono pintado e com defeito provocado após um ano de exposição na beira da PRAIA - agressividade C4. Antes e após retirada da tinta.

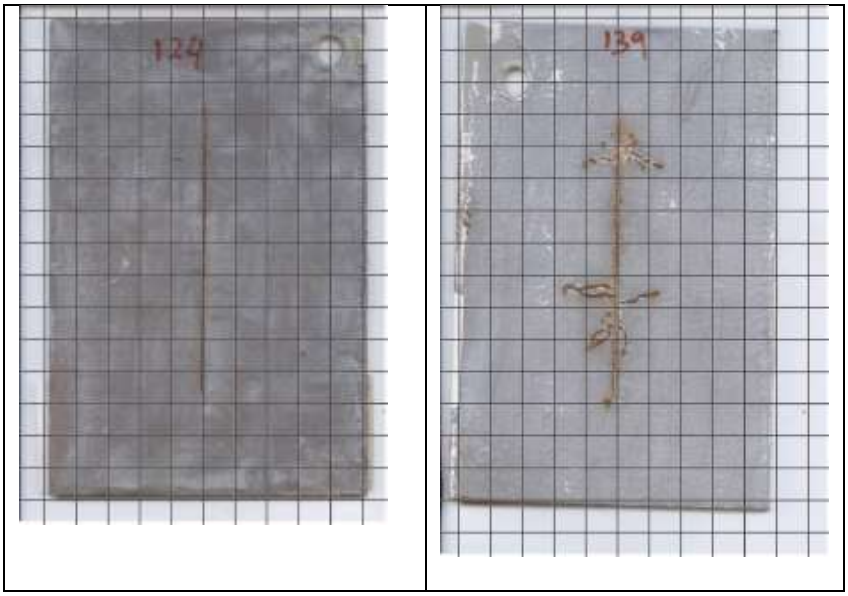
Os resultados do aspecto dos corpos de prova após exposição dos corpos de prova de aço carbono pintados e com incisão longitudinal, expostos por um ano na praia de Atalaia, Sergipe são mostrados na Tabela 13.

Tabela 13 – Aspecto dos corpos de prova de aço carbono pintado (sistema duplex) e com defeito provocado que foram escaneados após decorrido um ano de exposição próximo à praia de Atalaia

 AC jateado SA 2 ½ + sistema 1 de pintura da Marangoni	 AC jateado SA 2 ½ + Sistema 2 de pintura da Marangoni.	 AC jateado SA 2 ½ + sistema 3 de pintura da Marangoni

		
		
AC jateado ACI + sistema 1 de pintura da SW	AC jateado ACI + sistema 2 de pintura da SW	AC jateado ACI + sistema 3 de pintura da SW

		
 AC jateado ACI + sistema 4 de pintura da SW	 AC jateado ACI + sistema 5 de pintura da SW	



Percebem-se as diferenças no poder de proteção dos diferentes sistemas de tinta utilizados. A grade colocada sobre as fotografias dos corpos de prova tem lado de 1cm e assim se consegue classificar os sistemas de pintura pela menor distância em que houve a propagação da corrosão a partir do defeito (corte) provocado sob a camada de tinta. Segundo a norma ISO12944, propagação maior que 1mm a partir do corte (defeito) a tinta é desclassificada como resistente para os ambientes onde esteve exposta. Verifica-se a importância de se fazer o defeito nos corpos de prova pintados para ter certeza do desempenho dos sistemas de pintura. Aqueles que possuem alta adesão ao substrato conseguem evitar que a corrosão se espalhe sob a tinta a partir do defeito. Assim, apenas os sistemas de pintura 1 e 3 da SW e o sistema 2 da Marangoni seriam aprovados para serem aplicados sobre aço carbono a 50m da beira da PRAIA de Atalaia, em Aracaju, SE após um ano de exposição.

Após **dois anos de exposição**, o aspecto dos corpos de prova de **aço carbono pintado** e com incisão são apresentados na Tabela 14

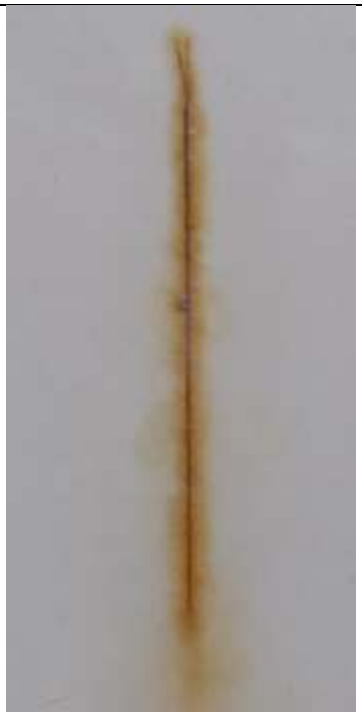
Tabela 14 - Aspecto dos corpos de prova de aço carbono pintado (sistema duplex) e com defeito provocado que foram escaneados após decorridos **dois anos de exposição** próximo à praia de Atalaia



ICZ20
AC jateado SA 2 ½ + sistema 1 de pintura da Marangoni



ICZ23
AC jateado SA 2 ½ + Sistema 2 de pintura da Marangoni.



ICZ26
AC jateado SA 2 ½ + sistema 3 de pintura da Marangoni









ICZ80
AC jateado ACI + sistema 1 de pintura da SW



ICZ95
AC jateado ACI + sistema 2 de pintura da SW



ICZ110
AC jateado ACI + sistema 3 de pintura da SW









ICZ125
AC jateado ACI + sistema 4 de pintura da SW



ICZ140
AC jateado ACI + sistema 5 de pintura da SW





Após dois anos de exposição, pode-se dizer que ops melhores sistemas de pintura pra aço carbono forma os sistemas 4 e sistema 2 da SW e o sistema 2 da Marangoni, nessa ordem.

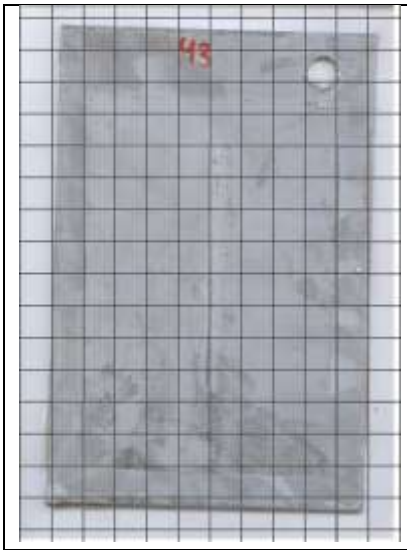
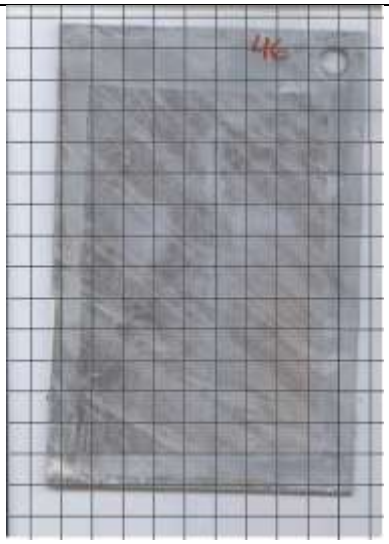
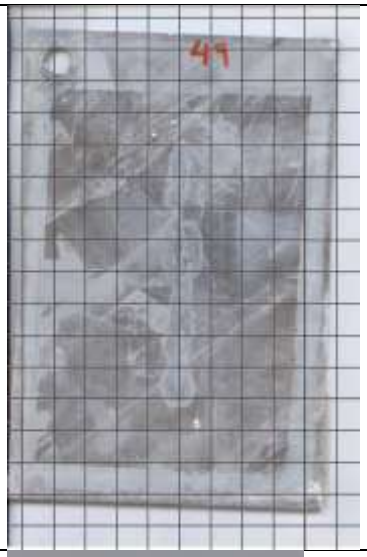
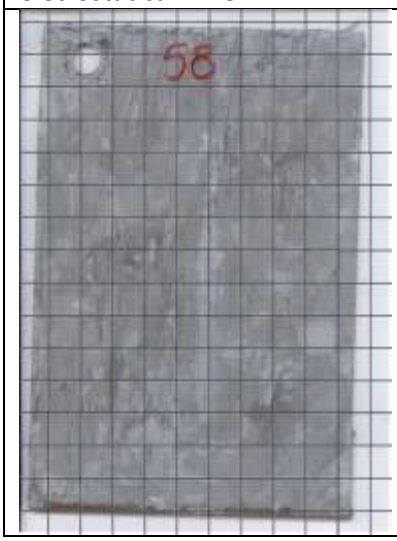
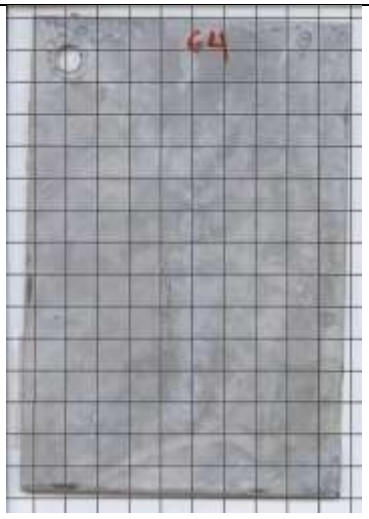
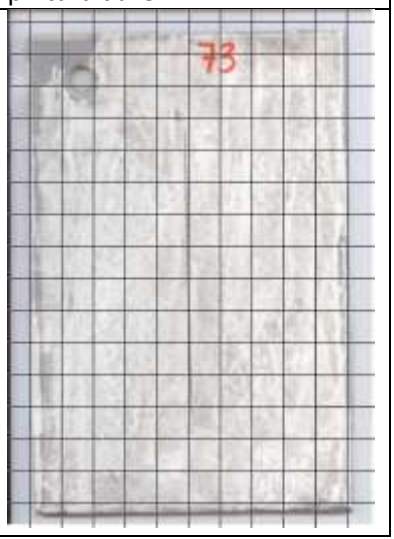
Os piores sistemas para aço carbono foram o sistema 5 da SW, sistema 3 da SW e o sistema 3 da Marangoni, nessa ordem.

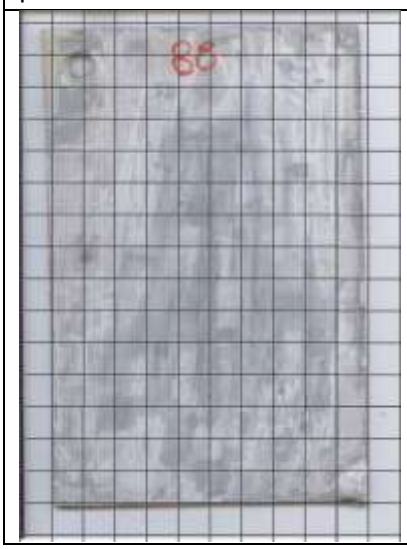
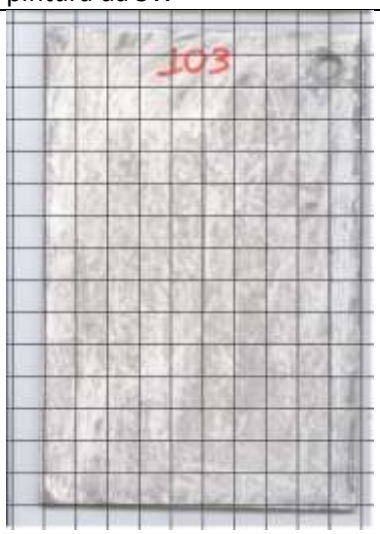
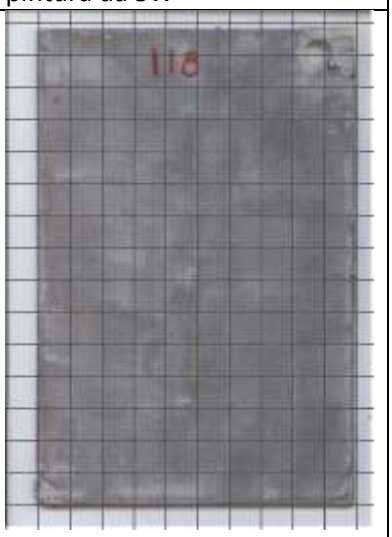
5.2.7 Resultados do aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintado e com defeito provocado após um ano de exposição na beira da PRAIA - agressividade C4. Antes e após retirada da tinta.

Os resultados do aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintado e com incisão longitudinal e expostos durante um ano na praia de Atalaia são apresentados na Tabela 15. São apresentados também o aspecto dos corpos de prova após remoção da tinta empregando uma mistura de solventes a fim de revelar a extensão da penetração da corrosão a partir do defeito sob a tinta.

Tabela 15 – Aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintado (sistema duplex) e com defeito provocado que foram escaneados após decorrido um ano de exposição próximo à praia de Atalaia

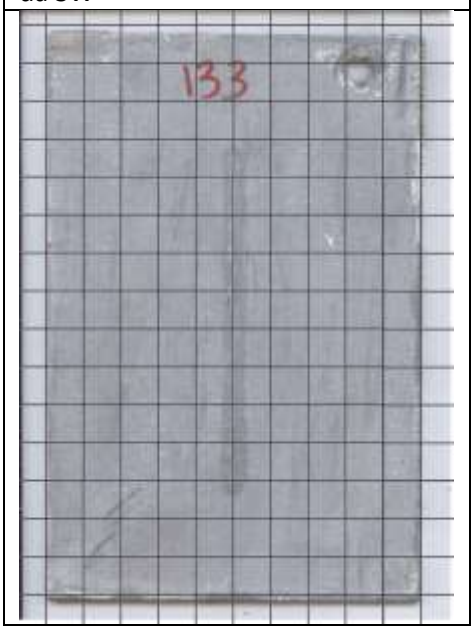
 ICZ 43 AZ Armco + sistema 1 de pintura da Marangoni.	 ICZ 46 AZ Armco + sistema 2 de pintura da Marangoni.	 ICZ 49 AZ Armco + sistema 3 de pintura da Marangoni

		
 AZ Trifer + pintura pó eletrostática Trifer.	 AZ Trifer + pintura pó eletrostática Trifer	 AZ jateado GJ + sistema 1 de pintura da SW
		

		
ICZ 88 AZ jateado GJ + sistema 2 de pintura da SW	ICZ 103 AZ jateado GJ + sistema 3 de pintura da SW	ICZ 118 AZ jateado GJ + sistema 4 de pintura da SW
		



ICZ 133
AZ jateado GJ+ sistema 5 de pintura da SW



Após um ano de exposição, os mesmos sistemas de pintura aplicados sobre os corpos de prova de aço galvanizado mostram desempenho superior quando comparados com quando aplicados sobre aço carbono. No caso da pintura eletrostática a pó, esta só foi aplicada sobre aço galvanizado, não se podendo fazer a comparação com aço carbono. Foi revelado que houve corrosão sob o revestimento a partir da incisão na tinta eletrostática. Sobre os zincados a maioria dos sistemas foram satisfatórios, a menos do sistema 5 da SW, do sistema 3 da Marangoni e tinta eletrostática. Alguns dos cps de aço galvanizado com os sistemas de pintura da SW foram levemente jateados antes da aplicação da pintura, mas esses não se revelou ainda como fator positivo quando se compara o desempenho com outros sistemas de pintura da Marangoni e da Trifer, onde o jateamento prévio e leve do galvanizado não foi

feito. Não foram feitos corpos de prova pintados e com incisão que tivessem sido apenas desengraxados e tratados com manta abrasiva, não se permitindo verificar a eficácia desses dois tratamentos para cps de aço galvanizado.

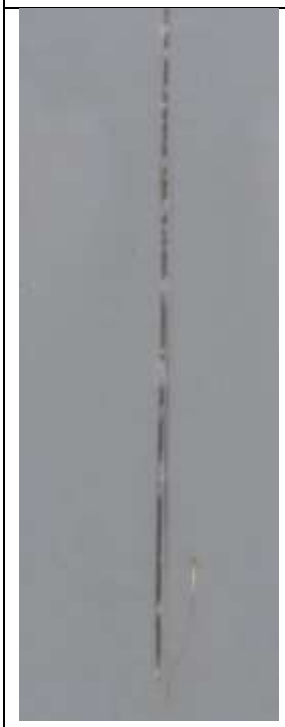
O aspecto dos corpos de prova **de aço galvanizado e pintado** e com incisão (sistema duplex) após **dois anos de exposição** a 50m da Praia de Atalaia, SE, está apresentado na Tabela 16

Tabela 16 – Aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintado (sistema duplex) e com defeito provocado que foram escaneados após decorridos dois anos de exposição próximo à praia de Atalaia

 ICZ44 AZ Armco + sistema 1 de pintura da Marangoni.	 ICZ47 AZ Armco + sistema 2 de pintura da Marangoni.	 ICZ50 AZ Armco + sistema 3 de pintura da Marangoni

		
		
ICZ59 AZ Trifer + pintura pó eletrostática Trifer.	ICZ65 AZ Armco + pintura pó eletrostática Trifer	ICZ74 AZ jateado GJ + sistema 1 de pintura da SW

		
 ICZ 89 AZ jateado GJ + sistema 2 de pintura da SW	 ICZ 104 AZ jateado GJ + sistema 3 de pintura da SW	 ICZ 119 AZ jateado GJ + sistema 4 de pintura da SW

		
		
ICZ 134 AZ jateado GJ+ sistema 5 de pintura da SW	ICZ143 AZ lavado + sulfossilano LEC + sistema 1 SW	ICZ145 AZ lavado + híbrido LEC + sistema 1 SW

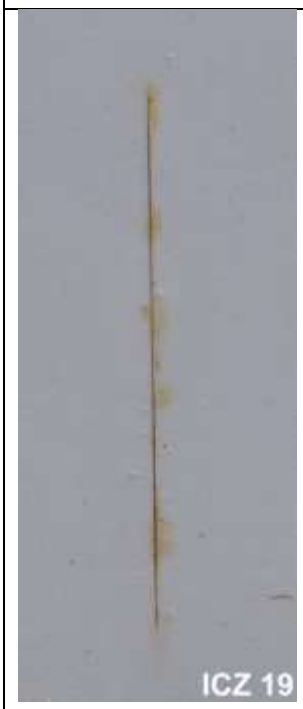
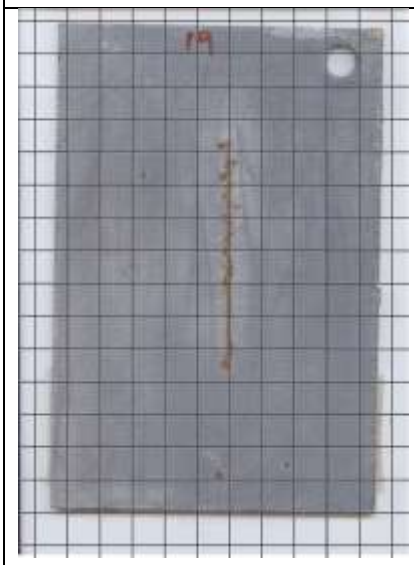
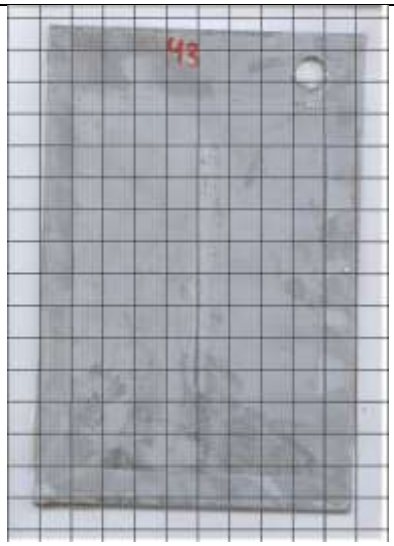


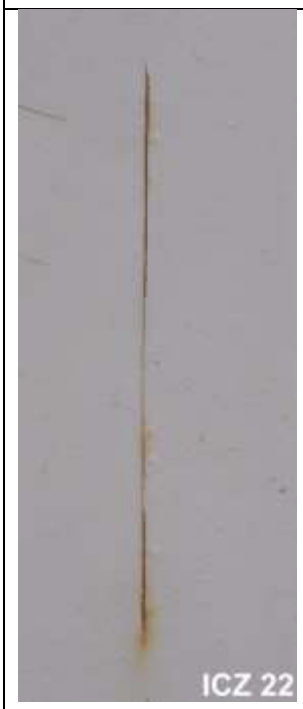
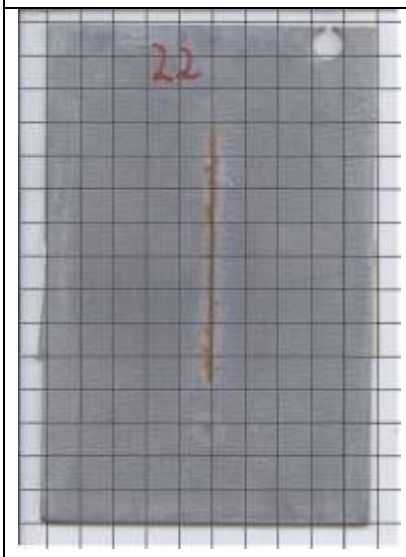
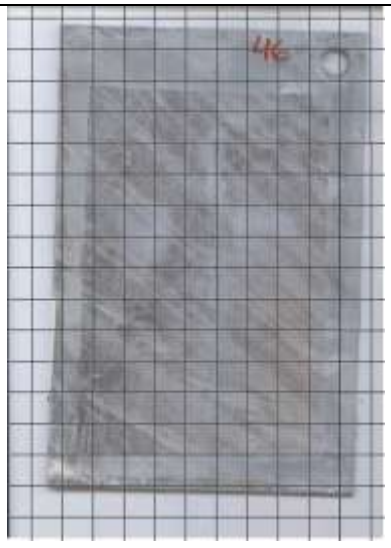
Após **dois anos de exposi**ção dos corpos de prova, nota-se que todos os cps pintados sobre aço galvanizado apresentam excelente aspecto na região da incisão, situação muito diferente do aspecto dos corpos de prova pintados sobre aço ao carbono mostrados na Tabela 9. A incisão nos corpos de prova pintados após a retirada da tinta revelam, de forma mais clara, que alguns sistemas de pintura tiveram melhor desempenho que outros sobre o aço galvanizado por imersão a quente. Deve-se ressaltar que o sistema 1 da SW tem o primer de cor vermelha, e essa cor aparece após a retirada da tinta em torno da incisão. Isso não deve ser confundido com ferrugem advinda da corrosão do substrato de aço carbono. O sistema 2 da Marangoni e os sistemas 3, 4 e 5 da SW mostraram melhor desempenho para aço galvanizado. Deve-se destacar o excelente desempenho da pintura eletrostática feita pela Trifer sobre aço galvanizado na Armco Staco, pois sobre os cps galvanizados na própria Trifer, o desempenho não foi tão bom. Outro ponto a ser destacado foi o melhor desempenho do sistema 3 da SW quando pré-tratado com híbrido. O cp tratado com sulfossilano não apresentou bom desempenho.

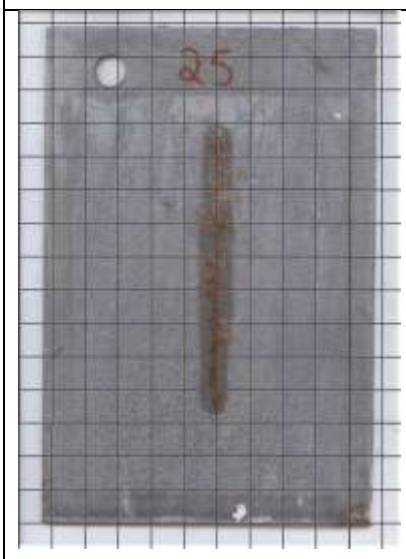
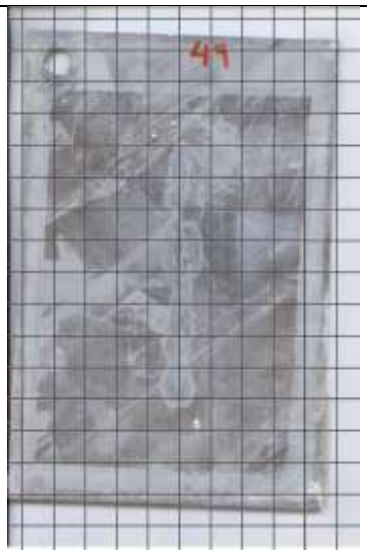
5.2.8 Comparação de desempenho de sistemas de tintas quando aplicados sobre aço carbono e sobre aço galvanizado

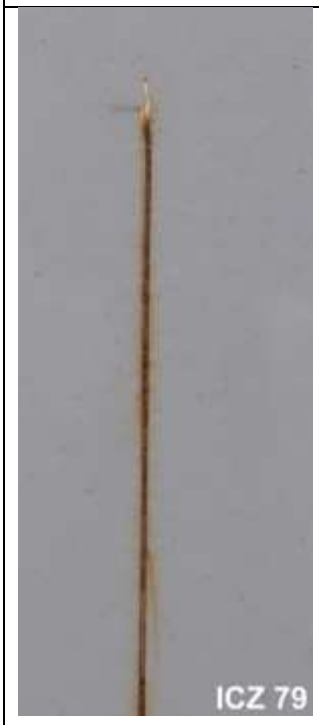
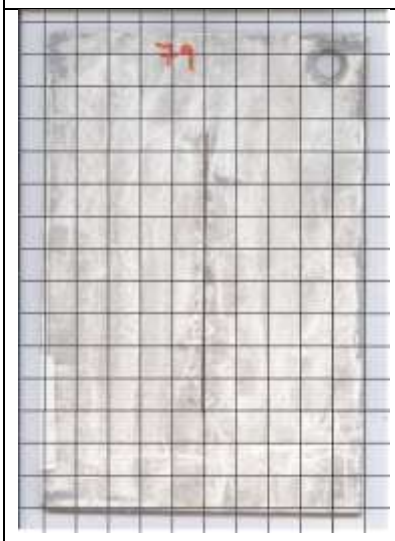
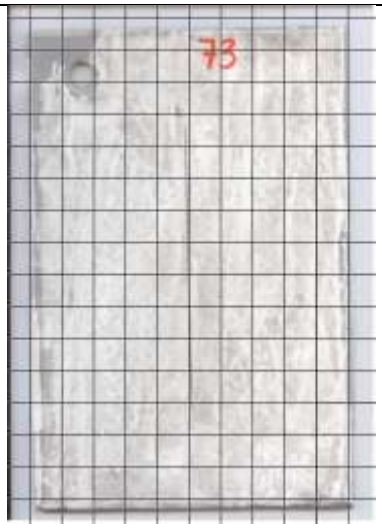
Os resultados agrupados de forma a fazer comparação direta de desempenho de um mesmo sistema de tinta aplicado sobre aço carbono e sobre aço galvanizado são apresentados na Tabela 17.

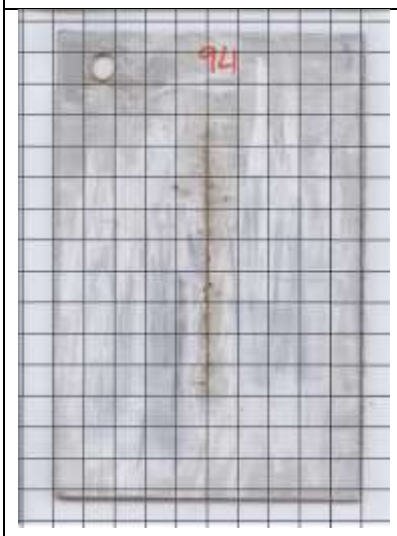
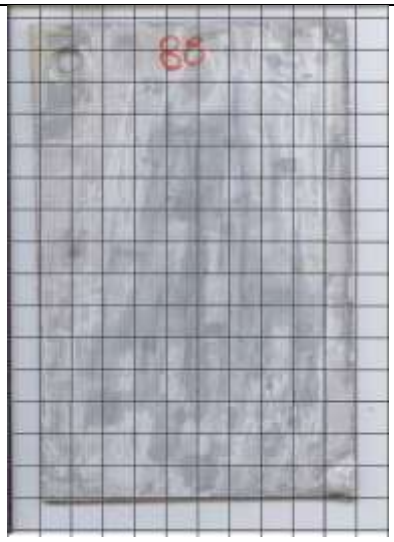
Tabela 17 – Aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintado (sistema duplex) e com defeito provocado e dos corpos de prova de aço carbono pintado e com defeito usando os mesmos sistemas de pintura que foram escaneados após o decorrido um ano de exposição próximo à praia de Atalaia

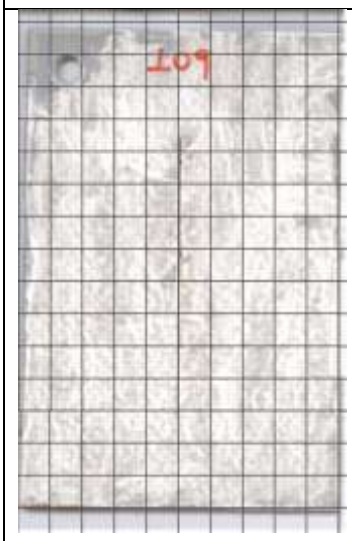
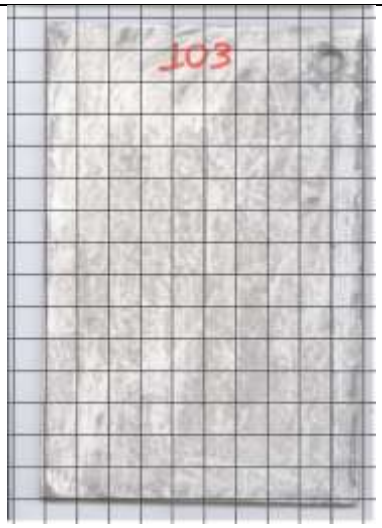
Sistema 1 tinta Marangoni **Sobre aço carbono jateado**	**Sistema 1 tinta Marangoni** **Sobre aço galvanizado a quente**
 AC jateado SA 2 ½ + sistema 1 de pintura da Marangoni	 AZ + sistema 1 de pintura da Marangoni.
	

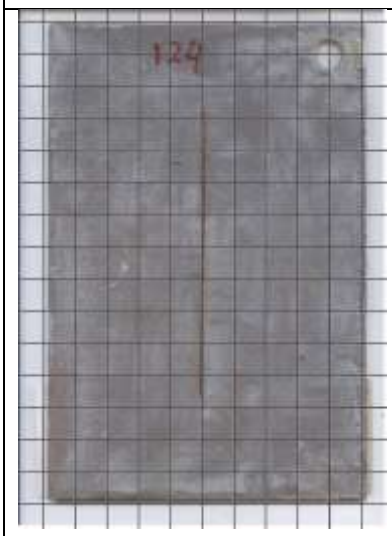
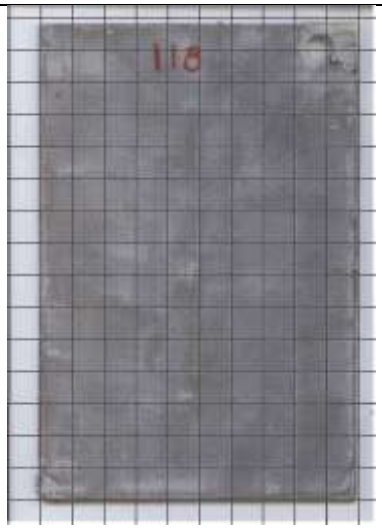
Sistema de tinta 2 Marangoni **Sobre aço carbono**	**Sistema de tinta 2 Marangoni** **Sobre aço carbono galvanizado**
 AC jateado + Sistema 2 de pintura da Marangoni.	 AZ Armco + sistema 2 de pintura da Marangoni.
	

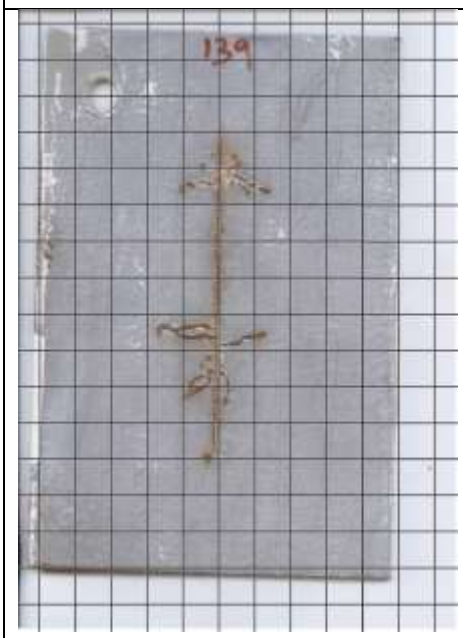
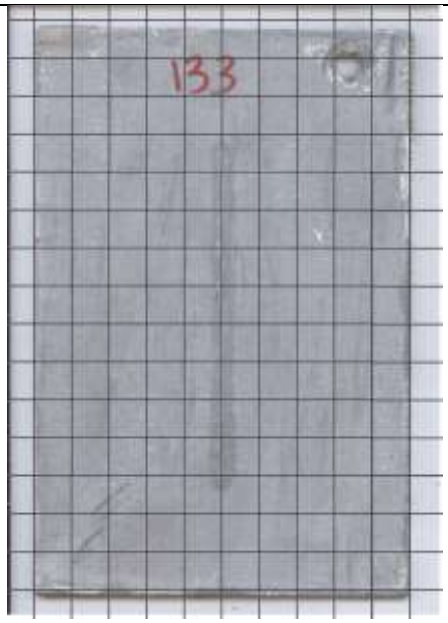
Sistema de pintura 3 Marangoni sobre aço carbono jateado	**Sistema de pintura 3 Marangoni sobre aço galvanizado**
 AC jateado + sistema 3 de pintura da Marangoni	 AZ Armco + sistema 3 de pintura da Marangoni
	

Sistema 1 da SWsobre aço carbono jateado	**Sistema 1 da SWsobre aço carbono galvanizado jateado**
	
AC jateado ACI + sistema 1 de pintura da SW	AZ jateado GJ + sistema 1de pintura da SW
	

Sistema 2 SW sobre aço carbono jateado	Sistema 2 SW sobre aço carbono galvanizado jateado
 AC jateado ACI + sistema 2 de pintura da SW	 AZ jateado GJI + sistema 2 de pintura da SW
	

Sistema 3 SW sobre aço carbono jateado	Sistema 3 SW sobre aço carbono galvanizado jateado
	
AC jateado ACI + sistema 3 de pintura da SW	AZ jateado GJI + sistema 3 de pintura da SW
	

Sistema 4 SW sobre aço carbono jateado	Sistema 4 SW sobre aço carbono galvanizado jateado
	
AC jatado ACI + sistema 4 de pintura da SW	AZ jateado GJI + sistema 4 de pintura da SW
	

Sistema 5 SW sobre aço carbono jateado	**Sistema 5 SW sobre aço carbono galvanizado jateado**
	
AC jateado ACI + sistema 5 de pintura da SW.	AZ jateado GJI + sistema 5 de pintura da SW
	

Após **um ano de exposição**, para a maioria dos corpos de prova pintados e com defeito ou incisão provocada, o desempenho dos sistemas de pintura foi melhor quando aplicados sobre aço galvanizado do que sobre aço carbono. O sistema 3 da SW foi o único que apresentou bom desempenho sobre os dois substratos. O sistema 5 da SW e o sistema 3 da Marangoni foram os de pior desempenho seja para

aço carbono, seja para aço galvanizado. O sistema 2 da SW, embora com menor espessura que os demais apresentou bom desempenho para aço carbono galvanizado, mas não para aço carbono.

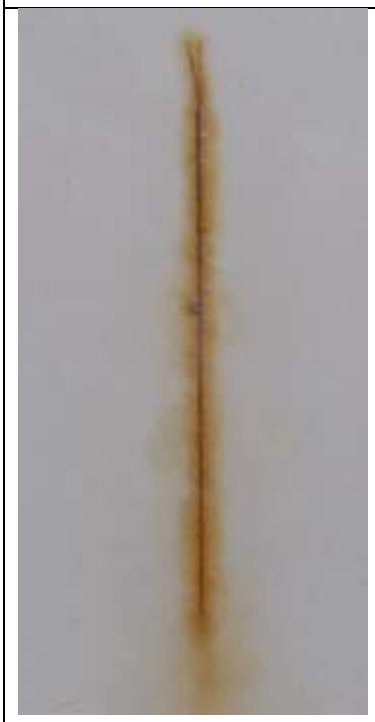
Após **dois anos de exposição** dos corpos de prova galvanizados e pintados o seu aspecto é mostrado antes e após a retirada da tinta em torno da incisão na Tabela 18

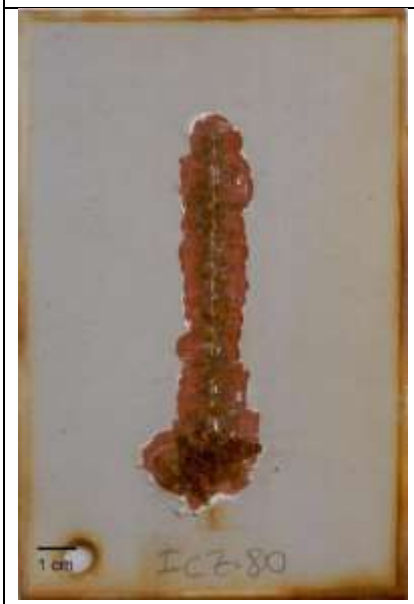
Tabela 18 – Aspecto dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintado (sistema duplex) e com defeito provocado e dos corpos de prova de aço carbono pintado e com defeito usando os mesmos sistemas de pintura que foram escaneados após decorridos dois anos de exposição próximo à praia de Atalaia

Sistema 1 tinta Marangoni **Sobre aço carbono jateado**	**Sistema 1 tinta Marangoni** **Sobre aço galvanizado**
 ICZ20 AC jateado SA 2 ½ + sistema 1 de pintura da Marangoni	 ICZ44 AZ + sistema 1 de pintura da Marangoni.

 1 cm IC?20	 1 cm IC?44

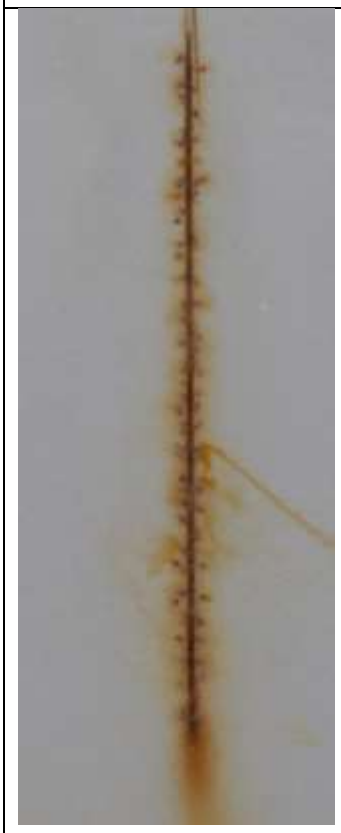
Sistema de tinta 2 Marangoni **Sobre aço carbono**	**Sistema de tinta 2 Marangoni** **Sobre aço carbono galvanizado**
 ICZ23 AC jateado + Sistema 2 de pintura da Marangoni.	 ICZ47 AZ Armco + sistema 2 de pintura da Marangoni.
	

Sistema de pintura 3 Marangoni sobre aço carbono jateado	**Sistema de pintura 3 Marangoni sobre aço galvanizado**
 ICZ26 AC jateado + sistema 3 de pintura da Marangoni	 ICZ50 AZ Armco + sistema 3 de pintura da Marangoni
	

Sistema 1 da SW sobre aço carbono jateado	**Sistema 1 da SW sobre aço carbono galvanizado jateado**
 ICZ80 AC jateado ACI + sistema 1 de pintura da SW	 ICZ74 AZ jateado GJ + sistema 1de pintura da SW
	

Sistema 2 SW sobre aço carbono jateado	**Sistema 2 SW sobre aço carbono galvanizado jateado**
 ICZ95 AC jateado ACI + sistema 2 de pintura da SW	 ICZ89 AZ jateado GJI + sistema 2 de pintura da SW
	

Sistema 3 SW sobre aço carbono jateado	**Sistema 3 SW sobre aço carbono galvanizado jateado**
 ICZ110 AC jateado ACI + sistema 3 de pintura da SW	 ICZ104 AZ jateado GJI + sistema 3 de pintura da SW
	

Sistema 4 SW sobre aço carbono jateado	**Sistema 4 SW sobre aço carbono galvanizado jateado**
 ICZ125 AC jatado ACI + sistema 4 de pintura da SW	 ICZ119 AZ jateado GJI + sistema 4 de pintura da SW
	

Sistema 5 SW sobre aço carbono jateado	**Sistema 5 SW sobre aço carbono galvanizado jateado**
 ICZ140 AC jateado ACI + sistema 5 de pintura da SW.	 ICZ134 AZ jateado GJI + sistema 5 de pintura da SW
	

Após **dois anos de exposição** a comparação do desempenho das mesmas tintas aplicadas sobre os diferentes substratos mostra de forma expressiva a superioridade no desempenho das tintas para os substratos galvanizados por imersão a quente. Pode-se escolher, pelo aspecto antes e após a retirada da tinta em torno da incisão, os melhores sistemas para aço carbono e os melhores sistemas de pintura para aço galvanizado. Para aço ao carbono os melhores são o sistema 2 da Marangoni e o sistemas 2 e sistema 4 da SW. Para o aço galvanizado se destacam os sistemas 3, 4 e 5 da SW e o sistema 2 da Marangoni e. Quanto ao pré-tratamento usado, a comparação não pode ser feita para um mesmo sistema de pintura, uma vez que SW só fez incisão nos cps galvanizados e pintados tendo recebido o jateamento leve no galvanizado antes da pintura. É uma pena, pois este era um dos objetivos do projeto. A Marangoni não fez o jateamento leve em nenhum dos seus cps, e como os sistemas de pintura são muito diferentes daqueles da SW, não é possível estabelecer a influência do pré-tratamento jateado leve e desengraxado.

Quando for feita a comparação por quantificação das áreas corroídas e delaminadas pelas diferentes normas, poder-se-á confirmar, ou não, essas conclusões baseadas na análise visual dos cps

5.2.9 Resultado do aspecto dos vergalhões de aço carbono, de aço galvanizado e aço metalizado com zinco que foram embutidos em cilindros de concreto expostos por um ano à beira da PRAIA

Os cilindros de concreto foram quebrados para que se pudesse ver o aspecto do vergalhão embutido e marcada a interface concreto/ar e os mesmos foram fotografados.

Na Tabela 19 estão reunidos os dados com as fotos dos vergalhões de aço galvanizados, ou não, que haviam sido embutidos em concreto e que ficaram expostos por um ano na beira da praia de Atalaia, SE.

Os vergalhões de aço galvanizado se apresentam livres de corrosão em toda a extensão do vergalhão que ficou embutido no concreto, ao passo que os vergalhões negros ou de aço carbono, apresentam a migração de corrosão a partir da interface concreto/ar, que adentra o vergalhão no concreto por em torno de 2,5 cm para aqueles vergalhões que ficaram rentes ao concreto e com maior razão a/c = 0,6 e, por 1,5cm para aqueles que ficaram com uns 10 cm fora do concreto e com menor relação a/c =0,4. Neste caso, muito provavelmente a razão a/c foi um fator decisivo no comportamento anticorrosivo, sendo o melhor desempenho mostrado para a menor razão a/c = 0,4.

Esses ataques devem ter ocorrido pela entrada de água na interface, que é mais fácil quando o vergalhão está rente, sem haste para fora, pois ali, a água se represa facilitando sua entrada e posterior ataque. Essa água contem cloretos por estar à beira da praia e tirará o vergalhão da condição de passivação que este apresenta em contato com o concreto, que tem pH da ordem de 12,5.

No vergalhão metalizado também houve um pouco de corrosão na interface concreto/ar por cerca de apenas 0,6cm abaixo da interface concreto/ar.

Tabela 19 – Fotos dos vergalhões que estiveram embutidos em concreto e expostos por um ano à beira da praia de Atalaia, SE



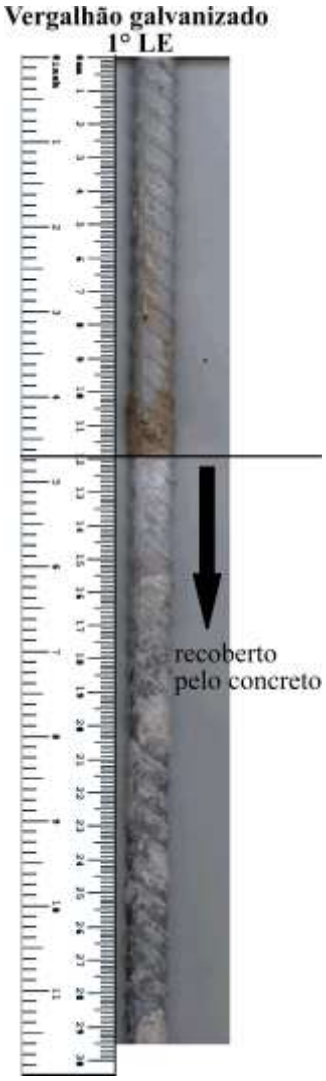
a/c =0,6



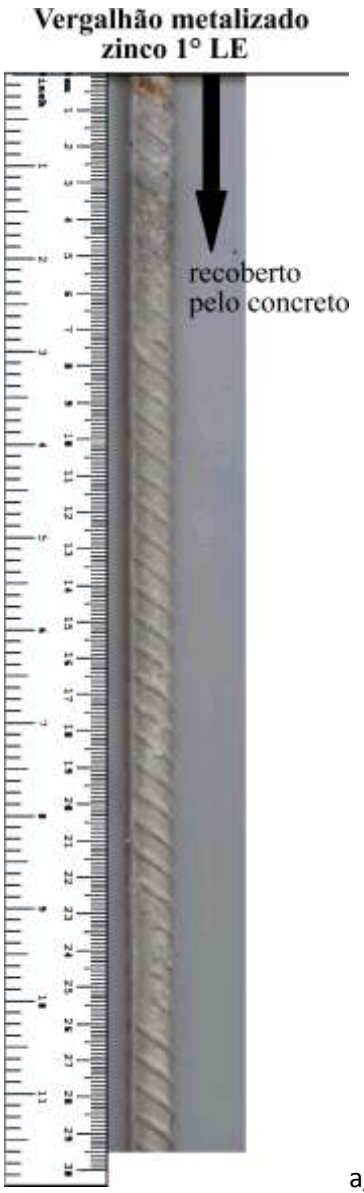
a/c = 0,4


Vergalhão galvanizado
embutido 1° LE
recoberto
pelo concreto

a/c = 0,4


Vergalhão galvanizado
1° LE
recoberto
pelo concreto

a/c = 0,4



a/c= ?

5.2.10 Resultados de medidas de potencial de circuito aberto ou de corrosão dos vergalhões embutidos no concreto

Foram realizadas medidas de potencial nos 8 corpos de prova embebido em concreto (4 vergalhões galvanizados, ilustrados na Figura 16 e 4 pretos, ilustrados na figura 17 com vergalhão com 500 mm de comprimento com recobrimento de zinco e com 100 mm expostos ao ambiente, fora do concreto.

Conforme a norma ASTM C 876 valores menores que -350 mV (isto é -400 mV, -500 mV) já indicam 90% de probabilidade de ocorrência de corrosão. Para valores entre -200 mV e -350 mV o processo de corrosão é incerto. Para valores maiores que -200 mV (isto é -150 mV, -100mV) a probabilidade corrosão é muito baixa.



Figura 16 – Vergalhão preto embebido no concreto durante medida do potencial de corrosão usando um multímetro e um eletrodo de referência de Cu/CuSO4 sat. segundo ASTM C876.



Figura 17 – Vergalhão galvanizado por imersão a quente embebido no concreto durante medida do potencial de corrosão usando um multímetro e um eletrodo de referência de Cu/CuSO4 sat segundo ASTM C876.

A Tabela 20 reune os dados de potencial de corrosão dos vergalhões embebidos em concreto.

Tabela 20 - Medidas de potencial de corrosão dos vergalhões em concreto contra o eletrodo de referência de $Cu/CuSO_4$ sat expostos à beira da praia de Atalaia, SE

Local	Item	Corpo de Prova ACG	Relação água/cimento	Dia da medição (mV)			
				05.03.15	09.07.15	24.09.15	10.12.15
Praia	1	Vergalhão Galvanizado G (0) (4º LE de frente)	**0,6**	-786 -788	-897	-675	-689
	2	Vergalhão Galvanizado (3º LE de frente)	0,4	-793 -793	-789	-759	-535

	3	Vergalhão Galvanizado (2º LE de frente)	0,4	-745 -746	-817	-558	-577
	4	Vergalhão Galvanizado (1º LE de frente)	0,4	-770 -771	-824	-727	-747
	5	Vergalhão Preto (4º LE de frente)	0,4	-401 -402	-388	-307	-299
	6	Vergalhão Preto (3º LE de frente)	0,4	-368 -369	-327	-209	-213
	7	Vergalhão Preto (2º LE de frente)	0,4	-396 -397	-357	-234	-230
	8	Vergalhão Preto - P (0) (1º LE de frente)	**0,6**	-330 -331	-291	-236	-207

Observa-se que com o passar do tempo os valores ficaram mais positivos, indicando a o estado passivo do aço embebido em concreto. O mesmo ocorreu para os vergalhões de aço galvanizado, indicando que estes também se passivaram no concreto. Os valores de potencial para vergalhão negro são mais positivos que os de zinco, revelando a característica do zinco de ser mais metal mais ativo que o ferro. Alguns trabalhos que publicaram valores de potencial de aço galvanizado em concreto com o tempo, relatam valores bem próximos (vide Figuras 18 e 119) aos medidos neste trabalho e que ficam levemente mais positivos com o tempo de exposição, revelando que se passivam pela formação de hidroxizincato de cálcio, exatamente o que aconteceu com os valores medidos neste trabalho.

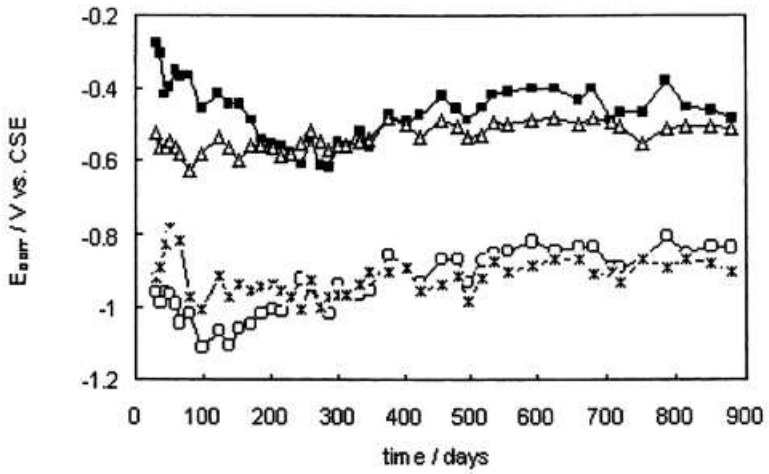


Figura 18– Variação do potencial de corrosão com o tempo para diferentes amostras de aço não recoberto ( ); aço com tratamento ode conversão ( ); revestimento aspersão térmica de zinco (*) e tinta base epóxi rica em zinco ( ).

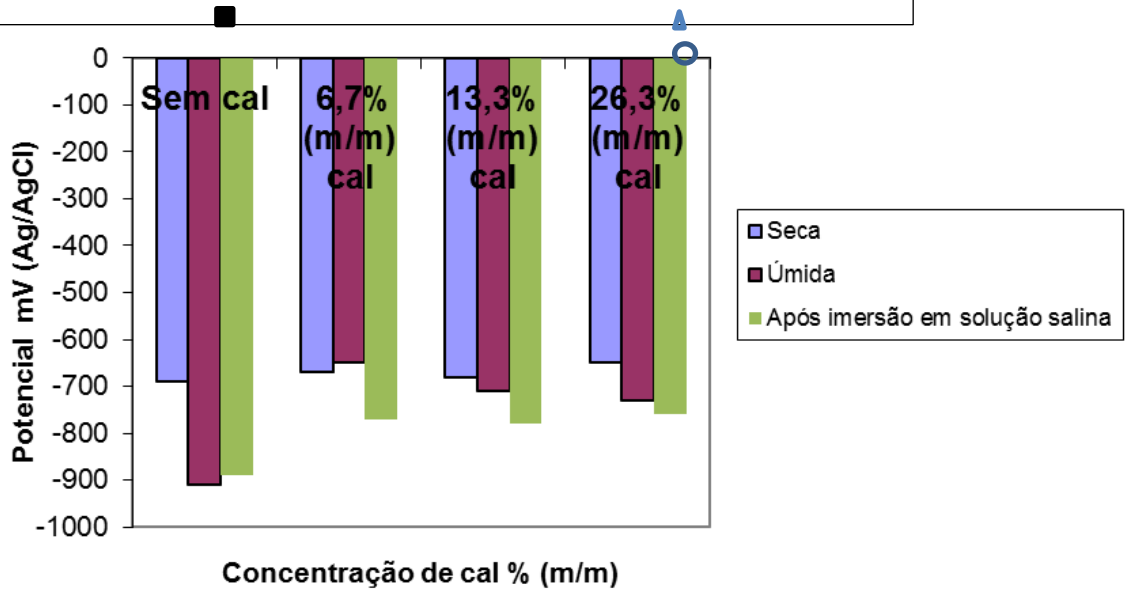


Figura 19 - Potencial de circuito aberto das armaduras galvanizadas em argamassas com e sem adição de cal, antes e após o teste de imersão em solução salina. Os valores acima estão dados em relação ao eletrodo de referência de Ag/AgCl que é cerca de 100mV mais positivo que em relação ao $Cu/CuSO_4$ sat.

5. 2.11 Comparação entre os métodos normatizados de avaliação da resistência à corrosão dos diferentes sistemas de pintura e tratamentos de superfície

Entre os diferentes métodos de avaliação que derivam das diferentes normas, neste projeto se havia acertado, num primeiro momento, que se utilizaria a **norma isso 12944** que é bastante restritiva e que considera sistemas bons para resistir aos ambientes classificados pela ISO como C5-M (agressivo marinho) ou C5-I (agressivo industrial) aqueles cujo avanço de corrosão sob a tinta a partir da incisão provocada, não ultrapasse 1mm. No nosso caso como a classificação na praia de Atalaia foi de agressividade C4, a norma ISO 12944 prevê que??? Assim, a análise foi feita nos corpos de prova testados para este trabalho e relatório nos itens 5.2.4, 5.2.5, 5.2.6, 5.2.7 e 5.2.8.

Em vista da dificuldade de se estabelecer a distinção entre área corroída e área de destacamento da tinta (blistering) para os corpos de prova de aço galvanizado, achou-se por bem, utilizar a classificação empregando outras normas para cps pintados.

A **norma ASTM D610** classifica o grau de ataque em corpos de prova pintados e sem defeito ou incisão provocados. Segundo esta norma, usando os padrões visuais apresentados nela nas Figuras 1, Figura 2 e Figura 3 e correspondentes a uma percentagem de área atacada e com a ajuda da Tabela 1 da respectiva norma, pode-se classificar os corpos de prova desde o grau 1 até grau 10, após exposição em um ambiente agressivo, sendo o grau 10 aquele de um cp sem ataque algum, seja na forma de pontos (pin spots), geral ou áreas maiores de ataque (spot rusting).

A **norma ASTM D714** é para avaliar o grau de bolhas ou blistering que aparecem na tinta nos corpos de prova pintados e sem defeito provocado. Há padrões fotográficos de referência para que se possa comparar e classificar os corpos de prova após exposição por um período, em atmosfera ou ambiente agressivo. A Figura 1 da norma mostra os padrões fotográficos para auxiliar na classificação do tamanho e densidade de bolhas (blistering) no filme de tinta.

A **norma ASTM D 1654** permite avaliar e comparar o desempenho de corpos de prova pintados onde se executou um defeito por incisão na tinta, após um período de exposição num ambiente agressivo. O grau de ataque é classificado em termos da distância em milímetros em que a corrosão ou destacamento se alastrou a partir da incisão provocada na tinta. Ele permite comparar e classificar o desempenho de tintas e tratamentos quanto ao grau de corrosão, ao destacamento associado à corrosão e outros defeitos do filme. A Tabela 1 da norma fornece o grau de falha associada à incisão na tinta e vai do grau 10 (sem ataque algum) até grau 0 com ataque indo a mais de 16mm da incisão.

5.2. 11.1 Classificação pelo grau de ataque segundo norma ASTM D610 dos corpos de prova galvanizados a quente, pintados e sem defeito *provocado*

Segundo essa norma, os corpos de prova de aço galvanizado pintados e sem defeitos provocados, ensaiados neste trabalho, e **expostos por um ano na a 50m da praia de Atalaia**, SE, podem ser, na sua maioria, classificados pelo grau 10 (ausência de ataque) e alguns poucos com o grau 9S (spot rusting) onde apenas aparecem um ou dois pequenos pontos de ataque evidenciado pela cor ocre de óxidos de ferro.

A tabela 21 apresenta os corpos de prova galvanizados e pintados sem defeito provocado após um na ode exposição na Praia de Atalaia, SE.

Tabela 21 – Grau de ataque segundo ASTM D610 dos corpos de prova galvanizados e pintados após um ano de exposição na praia de Atalaia, SE

Corpo de prova	Sistema de pintura/tratamento	Grau de ataque segundo ASTM D610
ICZ 28	Marangoni – sist. 1/ Armco sem passivação	9S
ICZ 31	Marangoni – sist. 2/Armco sem passivação	10
ICZ 34	Marangoni – sist. 3/Armco sem passivação	9S
ICZ 37	Marangoni – sist. 1/Marang pass	10
ICZ 40	Marangoni – sist. 1/Marang não passivado	10
ICZ 52	Marangoni – sist. 1/ Marang aspersão térmica	10
ICZ 55	Trifer – eletrostática/ Trifer	10
ICZ 61	Trifer – elestrostática/ Armco sme passivação	10
ICZ 67	SW sist 1 / Armco GJ	10
ICZ 70	SW sist 1 / Armco GD	9S
ICZ 82	SW sist 2 / Armco GJ	10
ICZ 85	SW sist 2 / Armco GD	10
ICZ 97	SW sist 3 / Armco GJ	10
ICZ 100	SW sist 3 / Armco GD	10
ICZ 112	SW sist 4 / Armco GJ	10
ICZ 115	SW sist 4 / Armco GD	10
ICZ 127	SW sist 5 / Armco GJ	10
ICZ 130	SW sist 5 / Armco GD	10

Nota – o aspecto dos corpos de prova listados nesta tabela pode ser visto na Tabela 19 deste relatório.

Os resultados da Tabela 21 indicam que a maioria dos corpos de prova zincados e pintados e sem defeito provocado apresentaram excelente desempenho com graus 10 e 9S. **É difícil fazer distinção entre os diferentes tratamentos e sistemas de pintura.**

Após dois anos de exposição, os cps pintados e sem incisão mostram excelente aspecto e nenhum foi classificado segundo a ASTM610 com classificação entre 10 e 9S ou 9P (ver tabela 22). Isso revela o excelente cobrimento e ausência de poros nos sistemas de pintura aplicados sobre aço galvanizado por imersão a quente. Mesmo após dois anos de exposição ainda é impossível fazer distinção entre o sistemas

de pintura, mostrando a superioridade do sistema duplex frente ao sistema de pintura aplicado diretamente sobre aço carbono.

Tabela 22 – Grau de ataque segundo ASTM D610 dos corpos de prova galvanizados e pintados após dois anos de exposição na praia de Atalaia, SE

Corpo de prova	Sistema de pintura/tratamento	Grau de ataque segundo ASTM D610
ICZ 29	Marangoni – sist. 1/ Armco sem passivação	10
ICZ 32	Marangoni – sist. 2/Armco sem passivação	10
ICZ 35	Marangoni – sist. 3/Armco sem passivação	10
ICZ 38	Marangoni – sist. 1/Marang pass	10
ICZ 41	Marangoni – sist. 1/Marang não passivado	10
ICZ 53	Marangoni – sist. 1/ Marang aspersão térmica	10
ICZ 56	Trifer – eletrostática/ Trifer	9P
ICZ 62	Trifer – elestrostática/ Armco sem passivação	9P
ICZ 68	SW sist 1 / Armco GJ	10
ICZ 71	SW sist 1 / Armco GD	10
ICZ 83	SW sist 2 / Armco GJ	9S próximo borda
ICZ 86	SW sist 2 / Armco GD	9P
ICZ 98	SW sist 3 / Armco GJ	10
ICZ 101	SW sist 3 / Armco GD	10/9S
ICZ 113	SW sist 4 / Armco GJ	9S
ICZ 116	SW sist 4 / Armco GD	10
ICZ 128	SW sist 5 / Armco GJ	10
ICZ 131	SW sist 5 / Armco GD	9S
ICZ142	SW sist. 1/Armco lavado + sulfossilano	9P
ICZ144	SW sist. /Armco lavado + hibrido	10

Nota – o aspecto dos corpos de prova listados nesta tabela pode ser visto na Tabela 19 deste relatório.

5.2. 11.2 Classificação pelo grau de ataque segundo norma ASTM D610 dos corpos de prova de aço carbono pintados e sem defeito provocado

Segundo essa norma, os corpos de prova de aço carbono jateados e pintados e sem defeito provocado, após um ano de exposição a 50m da praia de Atalaia, SE, foram na sua maioria classificados como grau 9S ou grau 10, revelando que os sistemas de pintura podem ser considerados razoavelmente bons. Alguns deles apresentaram suas bordas muito atacadas, o que revela algum problema nesse procedimento, mas que não deve ser levado em conta na avaliação do sistema de pintura ou tratamento prévio.

A Tabela 23 mostra os corpos de prova testados e as sua classificação quanto ao ataque nos corpos de prova pintados e sem defeito provocado.

Tabela 23 - Grau de ataque segundo ASTM D610 dos corpos de prova de aço carbono pintados, sem defeito provocado, após um ano de exposição, na praia de Atalaia, SE

Corpo de prova	Sistema de pintura/tratamento	Grau de ataque segundo ASTM D610
ICZ 10	Marangoni – sist. 1	9S
ICZ 13	Marangoni – sist. 2	9S
ICZ 16	Marangoni – sist.. 3	10
ICZ 76	SW sist. 1	9S
ICZ 91	SW sist. 2	9S
ICZ 106	SW sist. 3	9S
ICZ 121	SW sist. 4	9S
ICZ 136	SW sist. 5	10

Nota – o aspecto dos corpos de prova listados nesta tabela podem ser vistos na Tabela 18 deste relatório.

A Tabela 23 mostra que os corpos de prova de aço carbono pintados e sem defeitos apresentaram, no geral, desempenho um pouco inferior ao apresentado pelos corpos de prova de aço galvanizado e pintado e sem defeito, sendo que a maioria dos corpos de prova ficaram com a classificação 9S e uns poucos com grau 10.

Após **dois anos de exposição**, os corpos de prova de aço carbono pintados forma avaliados segundo a ASTM D610 e os resultados da avaliação ose encontram na Tabela 24

Tabela 24 - Grau de ataque segundo ASTM D610 dos corpos de prova de aço carbono pintados, sem defeito provocado, após um ano de exposição, na praia de Atalaia, SE

Corpo de prova	Sistema de pintura/tratamento	Grau de ataque segundo ASTM D610
ICZ 11 e ICZ12	Marangoni – sist. 1	9S
ICZ 14 e ICZ15	Marangoni – sist. 2	9S
ICZ 17 e ICZ18	Marangoni – sist.. 3	9S
ICZ 77 e ICZ78	SW sist. 1	9P
ICZ 92 e ICZ93	SW sist. 2	9P
ICZ 107 e ICZ108	SW sist. 3	10
ICZ 122 e ICZ123	SW sist. 4	10
ICZ 137 e ICZ138	SW sist. 5	10

Nota – o aspecto dos corpos de prova listados nesta tabela podem ser vistos na Tabela 18 deste relatório.

5.2.11.3 – Classificação do grau de ataque a partir da incisão pela norma ASTM D1654 nos corpos de prova de aço carbono pintados e expostos por um ano na Praia de Atalaia, SE

A Tabela 25 apresenta os corpos de prova ensaiados e a classificação destes segundo a ASTM D1654. Foram consideradas as maiores distâncias alcançadas a partir da incisão na tinta para balizar a classificação. A norma prescreve que se tome a média de seis pontos ao longo da incisão descontando o tamanho da incisão (foi de 0,5mm neste trabalho).

Tabela 25 – Classificação do ataque por corrosão ou destacamento da tinta segundo a ASTM D1654 em corpos de prova de aço carbono pintados e com defeito provocado após um ano de exposição na praia de Atalaia

Corpo de prova	Sistema de pintura/tratamento	Grau de ataque segundo ASTM D1654
ICZ 19	Marangoni – sist. 1	7 (de 1 a 2mm)
ICZ 22	Marangoni – sist. 2	8 (de 0,5 a 1,0mm)
ICZ 25	Marangoni – sist.. 3	4 (5 a 7 mm) corrosão e destacamento
ICZ 79	SW sist. 1	6 (2 a 3mm)
ICZ 94	SW sist. 2	5 (3 a 5mm)
ICZ 109	SW sist. 3	6
ICZ 124	SW sist. 4	9 (0 a 0,5 mmm) havia pontos ataque e depois não mais após remoção tinta)
ICZ 139	SW sist. 5	2 (10 a 13mm)

Nota: considerou-se a média entre o ponto de menor e o de maior distância alcançado, a partir da incisão, como balizador da classificação.

Os resultados da Tabela 16 permitem concluir que os sistemas com melhor desempenho sobre aço carbono são o sistema 2 da Marangoni e sistema 4 da SW. Os piores são o sistema 5 da SW e o sistema 3 da Marangoni.

Após dois anos de exposição os cps de aço carbono pintado e com incisão foram avaliados pela ASTM D1654 e os resultados da avaliação se encontram na Tabela 26

Tabela 26 – Classificação do ataque por corrosão ou destacamento da tinta segundo a ASTM D1654 em corpos de prova de aço carbono pintados e com defeito provocado após dois anos de exposição na praia de Atalaia

Corpo de prova	**Sistema de pintura/tratamento**	**Grau de ataque segundo ASTM D1654**
ICZ 20 e ICZ21	Marangoni – sist. 1	4 (de 5 a 7mm)
ICZ 23 e ICZ24	Marangoni – sist. 2	6(de 2 a 3 mmm)
ICZ 26 e ICZ27	Marangoni – sist.. 3	5 (de 3 a 5 mmm)
ICZ 80 e ICZ81	SW sist. 1	1(13 a 16mm)
ICZ 95 e ICZ96	SW sist. 2	5 (3 a 5mm)
ICZ 110 e ICZ111	SW sist. 3	1 (13 a 16mm)
ICZ 125 e ICZ126	SW sist. 4	5 (3 a 5 mmm)
ICZ 140 e ICZ141	SW sist. 5	0 (> 16mm)

Nota: considerou-se a média entre 5 pontos incluindo o de menor e o de maior distância alcançado, a partir da incisão, como balizador da classificação.

5.2.11.4 Classificação do grau de ataque a partir da incisão pela norma ASTM D1654 nos corpos de prova de aço carbono galvanizados e pintados com defeito provocado expostos por um ano na Praia de Atalaia, SE

Na tabela 27 são apresentados os corpos de prova de aço galvanizado, pintados e com incisão e a classificação do ataque **após um ano de exposição** na praia de Atalaia.

Tabela 27 – Classificação do grau de ataque de corpos de prova de aço galvanizado pintado e com defeito após um ano de exposição pela norma ASTM D1654

Corpo de prova	Sistema de pintura/tratamento	Grau de ataque segundo ASTM D1654
ICZ 43	Marangoni – sist. 1/ Armco sem passivação	**6** (2 – 3 mm)
ICZ 46	Marangoni – sist. 2/Armco sem passivação	**5** (3 – 5 mm)
ICZ 49	Marangoni – sist. 3/Armco sem passivação	**4** (5 – 7mm)
ICZ 58	Trifer – eletrostática/ Trifer	**6** (2 – 3mm)
ICZ 64	Trifer – elestrostática/ Armco sem passivação	**4** (5 – 7mm)
ICZ 73	SW sist 1 / Armco GJ	**9** (0 – 0,5mm)
ICZ 88	SW sist 2 / Armco GJ	**5 (**3 – 5 mm)
ICZ 103	SW sist 3 / Armco GJ	**9** (0 – 0,5mm)
ICZ 118	SW sist 4 / Armco GJ	**6** (2 – 3mm)
ICZ 133	SW sist 5 / Armco GJ	**6** (2 – 3mm)

Obs.: foi difícil fazer a distinção da área realmente corroída, ou não, em torno da incisão. Seria necessário o auxílio de um software de tratamento ode imagem

A análise dos resultados da Tabela 27 permite concluir que os sistemas 1 e sistema 3 da SW são os melhores para aço galvanizado . Depois aparecem o sistema 1 da Marangoni e os sitemas 4 e 5 da SW.

Na tabela 28 são apresentados os corpos de prova de aço galvanizado, pintados e com incisão e a classificação do ataque **após dois anos de exposição** na praia de Atalaia.

Tabela 28 – Classificação do grau de ataque de corpos de prova de **aço galvanizado** pintado e com defeito após **dois anos de exposição** pela norma ASTM D1654

Corpo de prova	Sistema de pintura/tratamento	Grau de ataque segundo ASTM D1654
ICZ 44 e ICZ45	Marangoni – sist. 1/ Armco sem passivação	**5**(3 – 5 mm)
ICZ 47 e ICZ48	Marangoni – sist. 2/Armco sem passivação	**5** (3 – 5 mm) e 4(5 – 7 mm)
ICZ 50 e ICZ51	Marangoni – sist. 3/Armco sem passivação	**2** (10 – 13mm)
ICZ 59 e ICZ60	Trifer – eletrostática/ Trifer	**4** (5 – 7mm)
ICZ 65 e ICZ66	Trifer – elestrostática/ Armco sem passivação	**7** (1-2) e **5** (3 – 5mm)
ICZ 74 e ICZ75	SW sist 1 / Armco GJ	**6** (2 – 3 mm)
ICZ 89 e ICZ90	SW sist 2 / Armco GJ	**8 (**0,5 – 1,0 mm)
ICZ 104 e ICZ105	SW sist 3 / Armco GJ	**6** (2 – 3mm)
ICZ 119 e ICZ120	SW sist 4 / Armco GJ	7(1 – 2mm)
ICZ 134 e ICZ135	SW sist 5 / Armco GJ	**6** (2 – 3mm)
ICZ143	SW sist. 3/Armco lavado + sulfossilano	**5 (3 – 5 mm)**
ICZ145	SW sist.. 3/ Armco lavado + híbrido	**8 (0,5 – 1,0 mm)**

Nota –Esta avaliação foi feita com o auxílio de um software de tratamento de imagem. Considerou-se a média entre 5 pontos incluindo o de menor e o de maior distância alcançado, a partir da incisão, como balizador da classificação.

Os resultados da Tabela 28 revela quem alguns sistemas aplicados sobre galvanizado apresentaram melhor resultado após dois anos de exposição do que após um ano. Isso pode revelar falta de reprodutibilidade na aplicação do sistema de pintura, gerando corpos de prova que respondem de forma diferente à exposição no mesmo meio agressivo. É o caso da pintura eletrostática da Trifer que apresentou classificação 4 após um ano e após dois anos, onde se tiraram dois corpos de prova os resultados foram 7 para um cp e 5 para o outro. O sistema 2 da SW apresentou o mesmo comportamento subindo de 5 para 8 após 2 anos de exposição. Neste caso, mesmo com o software, não foi tão fácil definir a área corroída (ver relatório do tratamento das imagens).

5.2.11.5 - Classificação do grau de ataque a partir da incisão pela norma ISO 4628-8 nos corpos de prova de aço carbono pintados, com defeito provocado e expostos por um e po dois anos na Praia de Atalaia, SE

A tabela 18 apresenta a classificação do ataque segundo a **norma ISO 4628-8** para os corpos de prova de aço carbono pintado e com defeito, fazendo uso de um sistema de tratamento da imagem dos corpos de prova escaneados, após remoção da tinta. A norma ISO 4628-8: *Paints and varnishes -- Evaluation of degradation of coatings -- Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance* foi utilizada como referência para classificação do grau de corrosão dos CPs. No entanto, como ela não possui um referencial quantitativo para cada grau de ataque, as imagens padrão disponíveis na norma (escala 1:1) também foram submetidas à análise de imagem pelo software. Como resultado, foram determinadas faixas de área absoluta para cada grau de corrosão (Tabela 29).

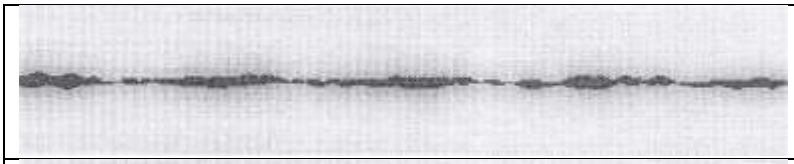
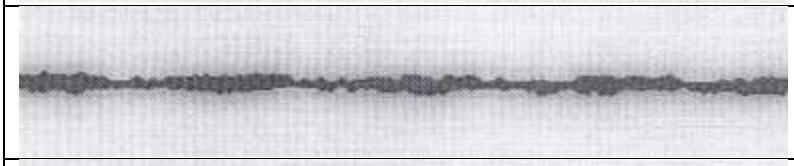
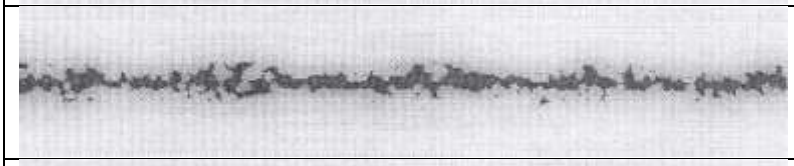
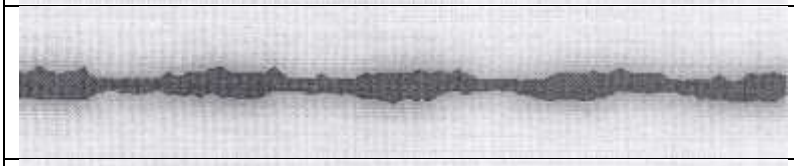
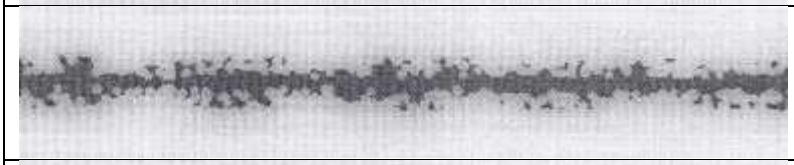
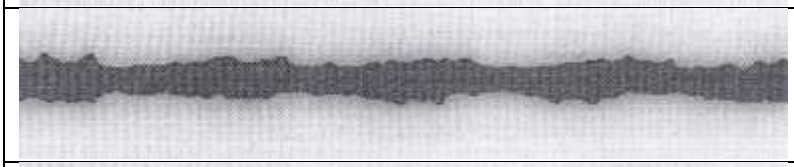
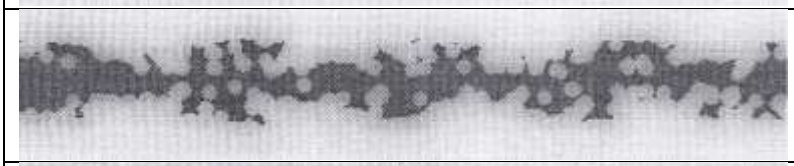
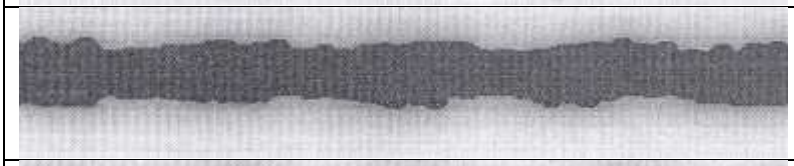
Tabela 29 - Grau de ataque por área corroída absoluta

Grau	**Área corroída absoluta (cm^2)**
G1 – Muito suave	< 1,4
G2 – Suave	1,4 ≤ A < 2,3
G3 – Moderado	2,3 ≤ A< 3,7
G4 – Considerável	3,7 ≤ A < 6,0
G5 – Severo	≥ 6,0

Os valores foram gerados do tratamento das imagens dos padrões fotográficos da norma segundo a Tabela 30.

Tabela 30 – Adaptação da Tabela 1 da ISO 4628-8 e cálculo da área absoluta dos padrões fotográficos de referência dessa norma

Área total de 9,7 x 1,9 cm	**Área absoluta (cm^2)**	**Grau**

	1,212	G1 Very slight
	2,058	G2 Slight
	1,587	
	3,054	G3 Moderate
	2,548	
	4,799	G4 Considerable
	4,314	
	7,488	G5 Severe
	7,112	

As faixas de valores para a Tabela 29 foram alteradas em relação ao que a norma prescreve, porque nela há "gaps" que podem gerar dúvidas na classificação do grau de ataque.

Tabela 31 – Grau de ataque dos corpos de prova de aço carbono pintados, com defeito, pela norma ISO 4628-8 usando um software IMAGE J 1.5i para tratamento de imagem e obtenção da área atacada ou de destacamento do filme, após um ano de exposição na praia de Atalaia, SE.

Corpo de prova	**Sistema de pintura/tratamento**	**Área absoluta corrida (cm^2)**	**Área absoluta delaminada (cm^2)**	**Grau de ataque segundo ISO 4628-8**

ICZ 19	Marangoni – sist. 1	1,448	n.c.	G2
ICZ 22	Marangoni – sist. 2	1,268	n.c.	G1
ICZ 25	Marangoni – sist.. 3	3,603	8,260	G5
ICZ 79	SW sist. 1	0,596	n.c.	G1
ICZ 94	SW sist. 2	1,072	n.c.	G1
ICZ 109	SW sist. 3	0,582	n.c.	G1
ICZ 124	SW sist. 4	0,609	n.c.	G1
ICZ 139	SW sist. 5	1,980	5,323	G4

Os resultados da tabela 31 permitem que se afirme que os melhores sistemas de pintura para aço carbono são os sistema 2 da Marangoni, e sistemas 1, 2, 3 e 4 da SW. Os piores são os sistemas 3 da Marangoni e sistema 5 da SW.

Após **dois anos de exposição**, os corpos de prova de aço carbono pintado foram avaliados segundo a norma ISO 4628-8 e os resultados da avaliação foram reunidos na Tabela 32

Tabela 32 – Grau de ataque dos corpos de prova de aço carbono pintados, com defeito, pela norma ISO 4628-8 usando um software IMAGE J 1.5i para tratamento de imagem e obtenção da área atacada ou de destacamento do filme, após um ano de exposição na praia de Atalaia, SE.

Corpo de prova	**Sistema de pintura/tratamento**	**Área absoluta corroída (cm^2)**	**Área absoluta delaminada (cm^2)**	**Grau de ataque segundo ISO 4628-8**	**Grau de delaminação segundo ISO 4628-8**
ICZ 20	Marangoni – sist. 1	3,687	16,838	G3	G5
ICZ21	Marangoni – sist. 1	3,067	6,847	G3	G5
ICZ 23	Marangoni – sist. 2	3,941	19,151	G4	G5
ICZ24	Marangoni – sist. 2	2,558	6,593	G3	G5
ICZ 26	Marangoni – sist. 3	2,749	10,394	G3	G5
ICZ27	Marangoni – sist. 3	3,593	11,484	G3	G5
ICZ 80	SW sist. 1	10,147	33,59	G5	G5
ICZ81	SW sist. 1	12,702	24,736	G5	G5
ICZ 95	SW sist. 2	5,041	10,62	G4	G5
ICZ96	SW sist. 2	2,815	9,208	G3	G5
ICZ 110	SW sist. 3	9,066	15,153	G5	G5
ICZ111	SW sist. 3	11,876	26,733	G5	G5
ICZ 125	SW sist. 4	1,780	6,341	G2	G5
ICZ126	SW sist. 4	1,90	6,5,76	G2	G5
ICZ 140	SW sist. 5	10,016	26,690	G5	G5
ICZ141	SW sist. 5	8,454	23,595	G5	G5

A avaliação dos cps expostos por dois anos revelou que os sistemas 1, 2 e 3 da Marangoni, o sistema 2 e o sistema 4 da SW são os melhores para o aço carbono. Levou-se em conta a área corroída, pois a área de delaminação foi igual para todos os cps de aço carbono pintado. Os sistemas piores são o sistema 1, sistema 5 e sistema 3 da SW

5.2.11.6 - Classificação do grau de ataque a partir da incisão pela norma ISO4628-8 nos corpos de prova de aço carbono galvanizados pintados, com defeito provocado e expostos por um ano e por dois anos na Praia de Atalaia, SE

A Tabela 33 apresenta a classificação do ataque segundo a **norma ISO 4628-8** para os corpos de prova de aço carbono galvanizados, pintados e com defeito, expostos por um ano, fazendo uso de um sistema de tratamento da imagem dos corpos de prova escaneados após remoção da tinta com uso de solventes.

Tabela 33 – Grau de ataque dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintados, com defeito, pela norma ISO 4628-8 usando um software IMAGE J 1.5i para tratamento de imagem e obtenção da área atacada ou de destacamento do filme, após um ano de exposição na praia de Atalaia, SE.

Corpo de prova	**Sistema de pintura/tratamento**	**Área absoluta corroída (cm2)**	**Área absoluta delaminada (cm2)**	**Grau de ataque segundo ISO 4628-8**
ICZ 43	Marangoni – sist. 1/ Armco sem passivação	0,529	4,880	G4
ICZ 46	Marangoni – sist. 2/Armco sem passivação	0,823	4,495	G4
ICZ 49	Marangoni – sist. 3/Armco sem passivação	ADASA	8,093	G5
ICZ 58	Trifer – eletrostática/ Trifer	ADASA	4,670	G4
ICZ 64	Trifer – elestrostática/ Armco sem passivação	ADASA	4,950	G4
ICZ 73	SW sist 1 / Armco GJ	0,512	n.c.	G1
ICZ 88	SW sist 2 / Armco GJ	ADASA	6,620	G5
ICZ 103	SW sist 3 / Armco GJ	0,431	n.c.	G1
ICZ 118	SW sist 4 / Armco GJ	ADASA	2,649	G3
ICZ 133	SW sist 5 / Armco GJ	0,788	5,965	G4

Pelos resultados da tabela 33, os melhores sistemas de pintura para aço galvanizado foram os sistema 1 e sistema 3 da SW. Os piores foram o sistema 3 da Marangoni e sistema 2 da SW. Ficou muito mais fácil fazer a distinção entre o desempenho dos sistemas de pintura e tratamentos para o aço galvanizado. O tratamento de imagens, segundo o previsto pela norma ASTM D7087, realmente melhora e facilita a classificação e comparação entre diferentes sistemas de pintura.

Após **dois anos de exposição**, os corpos de prova pintados foram classificados quanto ao grau de corrosão e área delaminada em torno da incisão com o uso de um formão para a retirada da tinta e usando a norma ISO 4628-8 e um software de tratamento ode imagem o IMAGEJ1.5i e os resultados estão reunidos na Tabela 34.

Tabela 34 – Grau de ataque dos corpos de prova de aço carbono galvanizado pintados, com defeito, pela norma ISO 4628-8 usando um software IMAGE J 1.5i para tratamento de imagem e obtenção da área atacada ou de destacamento do filme, após dois anos de exposição na praia de Atalaia, SE.

Corpo de prova	**Sistema de pintura/tratamento**	**Área absoluta corroída (cm2)**	**Área absoluta delaminada (cm2)**	**Grau de ataque segundo ISO 4628-8**	**Grau de delaminação segundo a ISO 4628-8**
ICZ 44	Marangoni – sist. 1/ Armco sem passivação	4,356	8,774	G4	G5
ICZ45	Marangoni – sist. 1/ Armco sem passivação	4,579	14,249	G4	G5
ICZ 47	Marangoni – sist. 2/Armco sem passivação	4,116	15,894	G4	G5
ICZ48	Marangoni – sist. 2/Armco sem passivação	3,728	8,600	G4	G5
ICZ 50	Marangoni – sist. 3/Armco sem passivação	12,561	22,072	G5	G5
ICZ 51	Marangoni – sist. 3/Armco sem passivação	14,736	24,163	G5	G5
ICZ 59	Trifer – eletrostática/ Trifer	7,861	8,249	G5	G5
ICZ60	Trifer – eletrostática/ Trifer	8,998	10,575	G5	G5
ICZ 65	Trifer – elestrostática/ Armco sem passivação	0,265	3,063	G1	G3
ICZ 66	Trifer – elestrostática/ Armco sem passivação	1,687	3,832	G2	G4
ICZ 74	SW sist 1 / Armco GJ	0,289	10,189	G1	G5
ICZ75	SW sist 1 / Armco GJ	0,306	8,203	G1	G5
ICZ 89	SW sist 2 / Armco GJ	0,783	12,029	G1	G5
ICZ90	SW sist 2 / Armco GJ	0,770	10,147	G1	G5
ICZ 104	SW sist 3 / Armco GJ	0,551	7,095	G1	G5
ICZ105	SW sist 3 / Armco GJ	0,426	7,609	G1	G5
ICZ 119	SW sist 4 / Armco GJ	0,308	4,845	G1	G4
ICZ120	SW sist 4 / Armco GJ	0,237	5,602	G1	G4
ICZ 134	SW sist 5 / Armco GJ	0,409	7,835	G1	G5
ICZ135	SW sist 5 / Armco GJ	1,374	7,201	G1	G5
ICZ143	SW sist. 3/Armco lavado + sulfossilano	3,228	6,608	G3	G5
ICZ145	SW sist. 3/Armco lavado + híbrido	0,834	8,527	G1	G5

Os resultados após dois anos de exposição mostram que todos os sistemas de pintura da SW apresentaram muito bons resultados (classificação G1 ou G2) , além da pintura eletrostática a pó da Trifer. Os sistemas da Marangoni não tiveram tão bom resultado para aço galvanizado, tendo apresentado melhor desempenho para aço carbono. Um fato que

chama atenção é o dos altos valores de delaminação para a maioria dos sistemas e nesse quesito, o melhor sistema é o sistema 4 da SW.

Nesta avaliação, o tratamento de imagens ajudou, mas há casos de cps onde ainda resta alguma dúvida na determinação da área corroída. A cor cinza clara da última camada de tinta também pode ter contribuído para a confusão entre área corroída e tinta restante na superfície do cp.

O pré-tratamento com sulfossilano piorou o resultado obtido para o sistema de pintura 3 da SW. O pré-tratamento com híbridos não alterou a boa qualidade do sistema 3 e pode ser uma alternativa ao jateamento leve do galvanizado por imersão a quente.

5.2.11.7 - Classificação do grau de presença de bolhas na tinta pela norma ASTM D714 dos corpos de prova de aço carbono e aço carbono galvanizado pintados, sem defeito provocado e expostos por um ano na Praia de Atalaia, SE

Em vista dos corpos de prova pintados e sem defeito provocado não terem apresentado bolhas ou blistering perceptíveis no filme de tinta, esta classificação foi desconsiderada. Ou seja, todos os cps estariam na classificação sem a presença de bolhas e alguns poucos com a classificação de poucas bolhas de tamanho 8.

5.2.11.8 – Medida de aderência pelo método de "pull off"

Nos cps pintados e sem incisão e que deveriam ser retirados após três anos de exposição foram utilizados pra se medir a aderência dos sistemas de pintura sobre os substratos aço carbono e aço galvanizado por imersão a quente. Os resultados das medidas de adesão foram reunidos na Tabela 35.

Tabela 35 – Resultados das medidas de aderência pel ométodo de *pull off* dos sistemas de pintura aplicados sobre aço carbono e aço galvanizado a quente

Amostra	Sistema	Medida de adesão 01 (MPa)	Medida de adesão 02 (MPa)	Adesão média (Mpa)	desvio padrão
ICZ12	AC sist. 1 M	5,2	5,9	5,5	0,5
ICZ15	AC sist. 2 M	5,9	6,1	6,0	0,2
ICZ18	AC sist. 3 M	8,6	9,2	8,9	0,5
ICZ30	AZ sist. 1 M	6,4	6,2	6,3	0,1
ICZ33	AZ sist. 2 M	6,9	6,4	6,7	0,3
ICZ36	AZ sist. 3 M	3,4	5,9	4,7	1,8
ICZ39	AZ M sist. 1 M	6,7	6,0	6,3	0,5
ICZ42	AZ M não p		6,5	6,1	0,6

	sist. 1	5,7			
ICZ54	AZ asp term sist. 1 M	2,4	1,5	2,0	0,6
ICZ57	AZ Trif pó Trif	5,9	11,2	8,6	3,8
ICZ63	AZ Armco pó Trifer	8,2	9,3	8,8	0,8
ICZ69	AZ GJ sist. 1 SW	10,3	13,9	12,1	2,5
ICZ72	AZ GD sist. 1 SW	10,9	11,1	11,0	0,2
ICZ78	AC sist. 1 SW	9,4	9,3	9,4	0,1
ICZ84	AZ GJ sist. 2 SW	9,6	11,2	10,4	1,2
ICZ87	AZ GD sist. 2 SW	10,4	11,1	10,8	0,5
ICZ93	AC sist. 2 SW	9,9	12,5	11,2	1,8
ICZ99	AZ GJ sist. 3 SW	9,1	13,0	11,0	2,7
ICZ102	AZ GD sist. 3 SW	9,1	11,9	10,5	2,0
ICZ108	AC sist. 3 SW	10,6	11,2	10,9	0,4
ICZ114	AZ GJ sist. 4 SW	11,1	9,3	10,2	1,3
ICZ117	AZ GD sist. 4 SW	10,6	8,3	9,5	1,6
ICZ123	AC sist. 4 SW	10,6	8,7	9,7	1,3
ICZ129	AZ GJ sist. 5 SW	10,9	12,1	11,5	0,8
ICZ132	AZ GD sist. 5 SW	10,3	12,6	11,5	1,7
ICZ138	AC sist. 5 SW	9,9	13,3	11,6	2,4
ICZ142	AZ GJ lav ossilano sist. 3 SW	6,3	4,8	5,6	1,0
ICZ144	AZ GJ lav rido sist. 3 SW	10,2	11,2	10,7	0,7

Os resultados elevados de adesão mostram que altos valores de aderência são necessários para se ter bom desemepnho anticorrosivo dos sistemas de pintura aplicados sobre aço galvanizado.. Já para o aço carbono

isso nã oparece ser tão importante, Ver sistema 2 da Marangoni que apesar do baixo valor de aderência para aço carbono, apresentou bom desempenho anticorrosão.O menor valor de aderência foi obtido para sist. 3 da Marangoni sobre galvanizado. O maior valor foi obtido para o sistema 5 da SW sobre aço galvanizado.

Conclusões parciais dos resultados obtidos após um ano de exposição dos corpos de prova

Os resultados do trabalho após a análise dos cps após um ano de exposição na praia de Atalaia, SE, permitem concluir que:

1) A galvanização proporciona proteção contra a corrosão do substrato de aço carbono; isso foi constatado nos cps de aço galvanizado sem pintura, nos vergalhões de aço galvanizado embutidos em concreto e nos parafusos expostos na praia de Atalaia, SE.

2) Os valores de potencial do aço carbono e do aço galvanizado embutidos no concreto em relação ao eletrodo de referência Cu/CuSO4 sat permite avaliar se os aços estão em situação de passivação ou de corrosão.

3) Os vergalhões de aço galvanizado embutidos em concreto mostraram melhores resultados de resistência à corrosão para os cps em que 10 cm do vergalhão ficaram expostos, pela maior dificuldade na entrada de água na interface vergalhão concreto. A relação água/cimento 0,4 resultou sempre em melhor resistência à corrosão do vergalhão embutido.

4) Entre os sistemas de pintura e tratamentos usados, os melhores para **aço carbono jateado,** após um ano de exposição, foram os sistemas 2 da Marangoni e sistemas 1, 2, 3 e 4 da SW. Os piores são os sistemas 3 da Marangoni e sistema 5 da SW. Os resultados **após dois anos de exposição** mostram que todos os sistemas de pintura da SW apresentaram muito bons resultados, além da pintura eletrostática a pó da Trifer. Os sistemas da Marangoni não tiveram tão bom resultado para aço galvanizado, tendo apresentado melhor desempenho para aço carbono .

5) Os melhores sistemas de pintura para aço galvanizado foram todos os sistema da SW com destaque para o sistema 41 .

6) Os valores de aderência foram elevados para a maioria dos corpos de prova galvanizados e com bom desempenho anticorrosivo. Para aço carbono, a indicação é de que a aderência não é tão importante no desempenho anticorrosivo do sistema de pintura como para o aço galvanizado.

7) O tratamento das imagens do escaneamento dos corpos de prova após retirada da tinta, facilitou a classificação e comparação de desempenho entre os sistemas de pintura.

8) Os resultados permitiram concluir sobre o melhor pré-tratamento dos corpos de prova de aço galvanizado que é o jateado leve, desengraxado ou o uso de híbrido.

9) A análise dos corpos de prova após dois anos de exposição foi decisiva para se estabelecer a maior resistência à corrosão dos sistemas de pintura e tratamentos testados.

10) os resultados de aderência, no geral foram bastante elevados para a maioria dos sistemas que apresentaram bom desempenho para aço galvanizado, mas não foram fator determinante no desempenho geral.

Referências

1)Edavan, R.P., Kopinski, R. Corrosion resistance of painted zinc alloy coated steels. Corrosion Science, 2009.

2) Seré, P.R., Deyá, C., Elsner, C.I., Di Sarli, A.R. Behavior of two eco-compatible duplex systems used in the construction industry against corrosion. International Journal of Adhesion and Adhesives, 50, 1-6 , 2014.

3) Bragagnolo, G M; Panossian, Z.; Almeida, N L., Almeida, M B, Ferrari, J V, Andreoli, M. C.; Fragata, F. de L. The influence of chromate quenching and chloride contamination level on the performance of the painted hot dipped galvanized steel (duplex system). J. Coat. Technol. Res., 8 (5) 629–638, 2011.

4) Francisco, J. ; Capelossi, V. R.; Aoki, I.V. Evaluation of a sulfursilane anticorrosive pretreatment on galvannealed steel compared to phosphate under a waterborne epoxy coating. Electrochimica Acta, 124: 2014,pp 128-136, 2014.

5) ABNT NBR 6209:2007 – Corrosão atmosférica - Materiais metálicos - Ensaio não-acelerado.

6) ASTM D1014-09: 2009 - Standard Practice for Conducting Exterior Exposure Tests of Paints and Coatings on Metal Substrates.

7) ABNT NBR 6210:2008 – Corrosão atmosférica - Materiais metálicos - Preparo, limpeza e determinação da taxa de corrosão de corpos-de-prova em ensaios de corrosão.

8) ISO 9223: 2012 - Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification, determination and estimation).

9) ISO 9226: 2012 - Corrosion of metals and alloys -- Corrosivity of atmospheres -- Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity.

10) ABNT NBR 14643:2001 - Corrosão atmosférica - Classificação da corrosividade de atmosferas.

11) ISO 12944- 1 to 6 - Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 2:1998 Classification of environments / Part 5: 2007 Protective paint systems.

12) ISO 4628-8 Assessment of degree of delamination and corrosion around a scribe or other artificial defect

13) ABNT NBR 15877:2010 - Pintura industrial — Ensaio de aderência por tração.

14) ISO 4624: 2002 Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion.

15) ASTM D 1654 Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments

16) ASTM D610 – 08 (Reapproved 2012) - ASTM Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces.

17) ASTM D7087 -An Imaging Technique to Measure Rust Creepage at Scribe on Coated Test Panels Subjected to Corrosive Environments

18) ASTM B117 – Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus, 2009.

19) ASTM D714 – Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints, 2009.

20) ASTM C 876 - ASTM C876 – 2009 - Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete.

21) M. Maeda, T . Ito, M. Hori , and G. Johansson The Structure of Zinc Chloride Complexes in Aqueous Solution. *Z. Naturforsch*. 51a, 63-7 0 (1996)

ANEXO I

TOTAL **SISTEMA 01** SHERWIN - WILLIAMS						3	5	15	30
16	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) JATEADO (GJ)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 01:** **PRIMER:** 1 d Epóxi-isocianato(N-2198) SUMADUR SP 530 (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) SUMADUR 2628 (175 µm); **ACABAMENTO:** 2 d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (60 µm) Espessura Total: 320 µm	ICZ 67		1			
				ICZ 68		1			
				ICZ 69		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) DESENGRAXADO (SCOTCH BRITE) (GD)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 01:** **PRIMER:** 1 d Epóxi-isocianato(N-2198) SUMADUR SP 530 (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) SUMADUR 2628 (175 µm); **ACABAMENTO:** 2 d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (60 µm) Espessura Total: 320 µm	ICZ 70		1			
				ICZ 71		1			
				ICZ 72		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) JATEADO (GJ) COM INCISÃO LONGITUDINAL DE 0,5 MM.	Sherwin - Williams	**SISTEMA 01:** **PRIMER:** 1 d Epóxi-isocianato(N-2198) SUMADUR SP 530 (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) SUMADUR 2628 (175 µm); **ACABAMENTO:** 2 d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (60 µm) Espessura Total: 320 µm	ICZ 73		1			
				ICZ 74		1			
				ICZ 75		1			
	Aço carbono pintado JATEADO (AC)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 01:** **PRIMER:** 1 d Epóxi-isocianato(N-2198) SUMADUR SP 530 (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) SUMADUR 2628 (175 µm); **ACABAMENTO:** 2 d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (60 µm) Espessura Total: 320 µm	ICZ 76		1			
				ICZ 77		1			
				ICZ 78		1			
	Aço carbono pintado JATEADO (AC) COM INCISÃO LONGITUDINAL DE 0,5 MM.	Sherwin - Williams	**SISTEMA 01:** **PRIMER:** 1 d Epóxi-isocianato(N-2198) SUMADUR SP 530 (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) SUMADUR 2628 (175 µm); **ACABAMENTO:** 2 d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (60 µm) Espessura Total: 320 µm	ICZ 79		1			
				ICZ 80		1			
				ICZ 81		1			
TOTAL **SISTEMA 02** SHERWIN - WILLIAMS						3	5	15	30
17	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) JATEADO (GJ)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 02** **PRIMER:** 1 d Epóxi AD CINZA (EPÓXI/AMINA) (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano SUMATENE HS 2677 (70 µm) Espessura Total: 95 µm	ICZ 82		1			
				ICZ 83		1			
				ICZ 84		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) DESENGRAXADO (SCOTCH BRITE) (GD)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 02** **PRIMER:** 1 d Epóxi AD CINZA (EPÓXI/AMINA) (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano SUMATENE HS 2677 (70 µm) Espessura Total: 95 µm	ICZ 85		1			
				ICZ 86		1			
				ICZ 87		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) JATEADO (GJ) COM INCISÃO LONGITUDINAL DE 0,5 MM.	Sherwin - Williams	**SISTEMA 02** **PRIMER:** 1 d Epóxi AD CINZA (EPÓXI/AMINA) (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano SUMATENE HS 2677 (70 µm) Espessura Total: 95 µm	ICZ 88		1			
				ICZ 89		1			
				ICZ 90		1			
	Aço carbono pintado JATEADO (AC)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 02** **PRIMER:** 1 d Epóxi AD CINZA (EPÓXI/AMINA) (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano SUMATENE HS 2677 (70 µm) Espessura Total: 95 µm	ICZ 91		1			
				ICZ 92		1			
				ICZ 93		1			
	Aço carbono pintado JATEADO (AC) COM INCISÃO LONGITUDINAL DE 0,5 MM.	Sherwin - Williams	**SISTEMA 02** **PRIMER:** 1 d Epóxi AD CINZA (EPÓXI/AMINA) (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano SUMATENE HS 2677 (70 µm) Espessura Total: 95 µm	ICZ 94		1			
				ICZ 95		1			
				ICZ 96		1			

TOTAL SISTEMA 03 SHERWIN - WILLIAMS						3	5	15	30
18	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) JATEADO (GI)	Sherwin - Williams	SISTEMA 03: PRIMER: 1 d Epóxi Damp Tolerant DURAPLATE 301 K (150 µm) ; INTERMEDIÁRIA: 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) SUMADUR 2628 (100 µm); ACABAMENTO: 1 d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (70 µm) Espessura Total: 320 µm	ICZ 97	11297 / 16253	1			
				ICZ 98		1			
				ICZ 99		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) DESENGRAXADO (SCOTCH BRITE) (GD)	Sherwin - Williams	SISTEMA 03: PRIMER: 1 d Epóxi Damp Tolerant DURAPLATE 301 K (150 µm) ; INTERMEDIÁRIA: 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) SUMADUR 2628 (100 µm); ACABAMENTO: 1 d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (70 µm) Espessura Total: 320 µm	ICZ 100		1			
				ICZ 101		1			
				ICZ 102		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) JATEADO (GI) COM INCISÃO LONGITUDINAL DE 0,5 MM.	Sherwin - Williams	SISTEMA 03: PRIMER: 1 d Epóxi Damp Tolerant DURAPLATE 301 K (150 µm) ; INTERMEDIÁRIA: 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) SUMADUR 2628 (100 µm); ACABAMENTO: 1 d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (70 µm) Espessura Total: 320 µm	ICZ 103		1			
				ICZ 104		1			
				ICZ 105		1			
	Aço carbono pintado JATEADO (AC)	Sherwin - Williams	SISTEMA 03: PRIMER: 1 d Epóxi Damp Tolerant DURAPLATE 301 K (150 µm) ; INTERMEDIÁRIA: 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) SUMADUR 2628 (100 µm); ACABAMENTO: 1 d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (70 µm) Espessura Total: 320 µm	ICZ 106		1			
				ICZ 107		1			
				ICZ 108		1			
	Aço carbono pintado JATEADO (AC) COM INCISÃO LONGITUDINAL DE 0,5 MM.	Sherwin - Williams	SISTEMA 03: PRIMER: 1 d Epóxi Damp Tolerant DURAPLATE 301 K (150 µm) ; INTERMEDIÁRIA: 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) SUMADUR 2628 (100 µm); ACABAMENTO: 1 d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (70 µm) Espessura Total: 320 µm	ICZ 109		1			
				ICZ 110		1			
				ICZ 111		1			
TOTAL SISTEMA 04 SHERWIN - WILLIAMS						3	5	15	30
19	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) JATEADO (GI)	Sherwin - Williams	SISTEMA 04 PRIMER: 1 d Epóxi Óxido de Ferro Micáceo SUMADUR HS (100 µm) ; INTERMEDIÁRIA: não tem ; ACABAMENTO: 1d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (70 µm) Espessura Total:170 µm	ICZ 112	11296	1			
				ICZ 113		1			
				ICZ 114		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) DESENGRAXADO (SCOTCH BRITE) (GD)	Sherwin - Williams	SISTEMA 04 PRIMER: 1 d Epóxi Óxido de Ferro Micáceo SUMADUR HS (100 µm) ; INTERMEDIÁRIA: não tem ; ACABAMENTO: 1d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (70 µm) Espessura Total:170 µm	ICZ 115		1			
				ICZ 116		1			
				ICZ 117		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) JATEADO (GI) COM INCISÃO LONGITUDINAL DE 0,5 MM.	Sherwin - Williams	SISTEMA 04 PRIMER: 1 d Epóxi Óxido de Ferro Micáceo SUMADUR HS (100 µm) ; INTERMEDIÁRIA: não tem ; ACABAMENTO: 1d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (70 µm) Espessura Total:170 µm	ICZ 118		1			
				ICZ 119		1			
				ICZ 120		1			
	Aço carbono pintado JATEADO (AC)	Sherwin - Williams	SISTEMA 04 PRIMER: 1 d Epóxi Óxido de Ferro Micáceo SUMADUR HS (100 µm) ; INTERMEDIÁRIA: não tem ; ACABAMENTO: 1d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (70 µm) Espessura Total:170 µm	ICZ 121		1			
				ICZ 122		1			
				ICZ 123		1			
	Aço carbono pintado JATEADO (AC) COM INCISÃO LONGITUDINAL DE 0,5 MM.	Sherwin - Williams	SISTEMA 04 PRIMER: 1 d Epóxi Óxido de Ferro Micáceo SUMADUR HS (100 µm) ; INTERMEDIÁRIA: não tem ; ACABAMENTO: 1d Poliuretano SUMATANE HS 2677 (70 µm) Espessura Total:170 µm	ICZ 124		1			
				ICZ 125		1			
				ICZ 126		1			

ENSAIOS DE PERFORMANCE DO SISTEMA DUPLEX - REVIZADA EM 12/11/2015										
Planejamento do Corpo de Provas para ENSAIOS de CAMPO - PETROBRAS										
Item	**Corpos de Prova**	**Fornecedor**	**CÓDIGO INTERNO**	**CÓDIGO ICZ EXTERNO**	**Norma ABTNT NBR**	**Quantidade**				
						Mínima de corpos de prova por material	**Tipo de Tinta (Sistemas)**	**Sub Total**	**Total com "135 de espelhos".**	
						-	**15**	**199**	268	120
1	Aço carbono	Armco Staco		ICZ 01.01 à ICZ 01.30	ISO 8501-1 Aço carbono jateado SA2,5	3		30	1	30

2	Aço carbono galvanizado por imersão a quente	Armco Staco		ICZ 02.01 à ICZ 02.19		3	-	19	1	33
3	Aço carbono galvanizado por imersão a quente com incisão longitudinal com espessura 0,5 mm	Armco Staco		ICZ 03.01 à ICZ 03.07		3	-	7	1	
4	Aço carbono galvanizado por imersão a quente com incisão longitudinal com espessura 2 mm	Armco Staco		ICZ 04.01 à ICZ 04.07		3	-	7	1	
PINTURA PELA MARANGONI										
5	Aço carbono pintado pela empresa MARANGONI	Marangoni	Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 10	ISO 8501-1- Aço carbono jateado SA2,5	3	3	9	18	45
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 11						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 12						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM F228	ICZ 13						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM F228	ICZ 14						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM	ICZ 15						

			F228							
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 16						
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 17						
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 18						
6	Aço carbono pintado com incisão longitudinal de 0,5 mm pela empresa MARANGONI	Marangoni	Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 19	ISO 8501-1- Aço carbono jateado SA2,5	3	3	9	18	
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 20						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 21						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM F228	ICZ 22						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM F228	ICZ 23						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM F228	ICZ 24						
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 25						
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 26						
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 27						
7	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pela Armco Staco (A.S) e pintado (sistema duplex) pela empresa	Marangoni	Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 28	11297	3	3	9	18	
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 29						
			Goniwater IN DTM	ICZ 30						

	MARANGONI		F140+Goniwater IN Esmalte						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM F228	ICZ 31					
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM F228	ICZ 32					
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM F228	ICZ 33					
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 34					
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 35					
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 36					
8	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pela MARANGONI e pintado (sistema duplex) pela empresa MARANGONI	Marangoni	Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 37	11298	3	1	3	6
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 38					
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 39					
9	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pela MARONGONI, NÃO PASSIVADO e pintado (sistema duplex) pela empresa MARANGONI	Marangoni	Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 40	11299	3	1	3	6
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 41					
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 42					

10	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) com incisão longitudinal de 0,5 mm pela empresa MARANGONI	Marangoni	Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 43	11297 / 10253	3	3	9	18	
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 44						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 45						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM F228	ICZ 46						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM F228	ICZ 47						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN DTM F228	ICZ 48						
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 49						
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 50						
			Goniwater IN DTM F228	ICZ 51						
11	Aço carbono revestido por aspersão térmica e pintado pela empresa MARANGONI	Marangoni	Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 52		3	1	3	6	
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 53						
			Goniwater IN DTM F140+Goniwater IN Esmalte	ICZ 54						
PINTURA PELA TRIFER										

12	Aço carbono galvanizado por imersão a quente TF pintado (sistema duplex).	Trifer	Pintura Eletrostática a Pó.	ICZ 55	11297	3	1	3	6	12
				ICZ 56						
				ICZ 57						
13	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pela Trifer pintado (sistema duplex) com incisão longitudinal	Trifer	Pintura Eletrostática a Pó.	ICZ 58	11298	3	1	3	6	
				ICZ 59						
				ICZ 60						
14	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex).	Trifer	Pintura Eletrostática a Pó.	ICZ 61	11297 / 10253	3	1	3	6	
				ICZ 62						
				ICZ 63						
15	Aço carbono galvanizado por imersão a quente pintado (sistema duplex) com incisão longitudinal	Trifer	Pintura Eletrostática a Pó.	ICZ 64	11298 / 10253	3	1	3	6	
				ICZ 65						
				ICZ 66						

SISTEMA 01 SHERWIN - WILLIAMS TOTAL						3	5	15	30
16	**Aço carbono galvanizado** por imersão a quente JATEADO e pintado (sistema duplex) **(GJ)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 01:** **PRIMER:** 1 d Epóxi-isocianato(N-2198) (25 µm) ; **INTERM.:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (175 µm); **ACABAMENTO:** 2 d Poliuretano (N-2677) (60 µm) **Espessura Total: 320 µm**	**ICZ 67**		1			
				ICZ 68		1			
				ICZ 69		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente **escovado com (SCOTCH BRITE), DESENGRAXADO e pintado (sistema duplex) (GD)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 01:** **PRIMER:** 1 d Epóxi-isocianato(N-2198) (25 µm) ; **INTERM.:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628)(175 µm); **ACABAMENTO:** 2 d Poliuretano (N-2677) (60 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 70		1			
				ICZ 71		1			
				ICZ 72		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente, **JATEADO, pintado (sistema duplex) e com INCISÃO LONGITUDINAL de 0,5 mm (GJI)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 01:** **PRIMER:** 1 d Epóxi-isocianato(N-2198) SUMADUR SP 530 (25 µm) ; **INTERM.:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (175 µm); **ACABAMENTO:** 2 d Poliuretano (N-2677) (60 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 73		1			
				ICZ 74		1			
				ICZ 75		1			

	Aço carbono JATEADO e pintado (AC)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 01:** **PRIMER:** 1 d Epóxi-isocianato(N-2198) (25 µm) ; **INTERM.:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (175 µm); **ACABAMENTO:** 2 d Poliuretano (N-2677) (60 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 76		1			
				ICZ 77		1			
				ICZ 78		1			
	Aço carbono JATEADO, pintado e com INCISÃO LONGITUDIONAL de 0,5 mm (ACI)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 01:** **PRIMER:** 1 d Epóxi-isocianato(N-2198) (25 µm) ; **INTERM.:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (175 µm); **ACABAMENTO:** 2 d Poliuretano (N-2677) (60 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 79		1			
				ICZ 80		1			
				ICZ 81		1			
SISTEMA 02 SHERWIN - WILLIAMS TOTAL						3	5	15	30
17	**Aço carbono galvanizado** por imersão a quente JATEADO e pintado (sistema duplex) **(GJ)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 02** **PRIMER:** 1 d Primer EPÓXI/AMINA cinza (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d 2Poliuretano (N-2677) (70 µm **Espessura Total: 95 µm**	ICZ 82		1			
				ICZ 83		1			
				ICZ 84		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente	Sherwin - Williams	**SISTEMA 02** **PRIMER:** 1 d Primer EPÓXI/AMINA cinza (25 µm) ;	ICZ 85		1			

	escovado com (SCOTCH BRITE), DESENGRAXADO e pintado (sistema duplex) (GD)		**INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 95 µm**	ICZ 86		1			
				ICZ 87		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente, **JATEADO, pintado (sistema duplex) e com INCISÃO LONGITUDINAL de 0,5 mm (GJI)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 02** **PRIMER:** 1 d Primer EPÓXI/AMINA cinza (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 95 µm**	ICZ 88		1			
				ICZ 89		1			
				ICZ 90		1			
	Aço carbono JATEADO e pintado (AC)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 02** **PRIMER:** 1 d Primer EPÓXI/AMINA cinza (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 95 µm**	ICZ 91		1			
				ICZ 92		1			
				ICZ 93		1			
	Aço carbono JATEADO, pintado e com INCISÃO LONGITUDIONAL de 0,5 mm (ACI)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 02** **PRIMER:** 1 d Primer EPÓXI/AMINA cinza (25 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 95 µm**	ICZ 94		1			
				ICZ 95		1			
				ICZ 96		1			

SISTEMA 03 SHERWIN - WILLIAMS TOTAL						3	5	15	30
18	**Aço carbono galvanizado** por imersão a quente JATEADO e pintado (sistema duplex) **(GJ)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 03:** **PRIMER:** 1 d Epóxi Damp Tolerant (N-2680) (150 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (100 µm); **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 97		1			
				ICZ 98		1			
				ICZ 99		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente **escovado com (SCOTCH BRITE), DESENGRAXADO e pintado (sistema duplex) (GD)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 03:** **PRIMER:** 1 d Epóxi Damp Tolerant (N-2680) (150 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (100 µm); **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 100		1			
				ICZ 101		1			
				ICZ 102		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente, **JATEADO, pintado (sistema duplex) e com INCISÃO LONGITUDINAL de 0,5 mm (GJI)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 03:** **PRIMER:** 1 d Epóxi Damp Tolerant (N-2680) (150 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (100 µm); **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 103		1			
				ICZ 104		1			
				ICZ 105		1			

	Aço carbono JATEADO e pintado (AC)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 03:** **PRIMER:** 1 d Epóxi Damp Tolerant (N-2680) (150 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (100 µm); **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 106		1			
				ICZ 107		1			
				ICZ 108		1			
	Aço carbono JATEADO, pintado e com INCISÃO LONGITUDIONAL de 0,5 mm (ACI)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 03:** **PRIMER:** 1 d Epóxi Damp Tolerant (N-2680) (150 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (100 µm); **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 109		1			
				ICZ 110		1			
				ICZ 111		1			
SISTEMA 04 SHERWIN - WILLIAMS TOTAL						3	5	15	30
19	**Aço carbono galvanizado** por imersão a quente JATEADO e pintado (sistema duplex) **(GJ)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 04** **PRIMER:** 1 d Epóxi Óxido de Ferro Micáceo (100 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total:170 µm**	ICZ 112		1			
				ICZ 113		1			
				ICZ 114		1			

Aço carbono galvanizado por imersão a quente **escovado com (SCOTCH BRITE), DESENGRAXADO e pintado (sistema duplex) (GD)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 04** **PRIMER:** 1 d Epóxi Óxido de Ferro Micáceo (100 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total:170 µm**	ICZ 115		1			
			ICZ 116		1			
			ICZ 117		1			
Aço carbono galvanizado por imersão a quente, **JATEADO, pintado (sistema duplex) e com INCISÃO LONGITUDINAL de 0,5 mm (GJI)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 04** **PRIMER:** 1 d Epóxi Óxido de Ferro Micáceo (100 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total:170 µm**	ICZ 118		1			
			ICZ 119		1			
			ICZ 120		1			
Aço carbono JATEADO e pintado (AC)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 04** **PRIMER:** 1 d Epóxi Óxido de Ferro Micáceo (100 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total:170 µm**	ICZ 121		1			
			ICZ 122		1			
			ICZ 123		1			
Aço carbono JATEADO, pintado e com INCISÃO LONGITUDIONAL de 0,5 mm (ACI)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 04** **PRIMER:** 1 d Epóxi Óxido de Ferro Micáceo (100 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** não tem ;	ICZ 124		1			
			ICZ 125		1			

			ACABAMENTO: 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total:170 µm**	ICZ 126		1			
SISTEMA 05 SHERWIN - WILLIAMS TOTAL						3	5	15	30
20	**Aço carbono galvanizado** por imersão a quente JATEADO e pintado (sistema duplex) **(GJ)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 05:** **PRIMER:** 1 d Epóxi Poliamida (50 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi Poliamida (200 µm) ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 127		1			
				ICZ 128		1			
				ICZ 129		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente **escovado com (SCOTCH BRITE), DESENGRAXADO e pintado (sistema duplex) (GD)**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 05:** **PRIMER:** 1 d Epóxi Poliamida (50 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi Poliamida (200 µm) ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 130		1			
				ICZ 131		1			
				ICZ 132		1			
	Aço carbono galvanizado por imersão a quente, **JATEADO, pintado (sistema duplex) e com INCISÃO**	Sherwin - Williams	**SISTEMA 05:** **PRIMER:** 1 d Epóxi Poliamida (50 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi Poliamida (200 µm) ; **ACABAMENTO:** 1d	ICZ 133		1			
				ICZ 134		1			

	LONGITUDINAL de 0,5 mm (GJI)		Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 135		1			
	Aço carbono JATEADO e pintado (AC)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 05:** **PRIMER:** 1 d Epóxi Poliamida (50 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi Poliamida (200 µm) ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 136		1			
				ICZ 137		1			
				ICZ 138		1			
	Aço carbono JATEADO, pintado e com INCISÃO LONGITUDIONAL de 0,5 mm (ACI)	Sherwin - Williams	**SISTEMA 05:** **PRIMER:** 1 d Epóxi Poliamida (50 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi Poliamida (200 µm) ; **ACABAMENTO:** 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm) **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 139		1			
				ICZ 140		1			
				ICZ 141		1			
SISTEMA 06 SHERWIN - WILLIAMS TOTAL						2	1	2	0

	Aço carbono galvanizado por imersão a quente tratado com pré-tratamento à base de SULFOSSILANO SO42-(Silanos + tetra sulfato (4 moléculas de enxofre), pintado.	Sherwin - Williams	**SISTEMA 06:** **PRIMER**: 1 d Epóxi Damp Tolerant (N-2680) (150 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (100 µm); **ACABAMENTO: 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm)** **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 142		1			
21	**Aço carbono galvanizado** por imersão a quente tratado com pré-tratamento à base de SULFOSSILANO SO42-(Silanos + tetra sulfato (4 moléculas de enxofre), pintado, com incisão longitudinal de 0,5 mm.	Sherwin - Williams	**SISTEMA 06:** **PRIMER**: 1 d Epóxi Damp Tolerant (N-2680) (150 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (100 µm); **ACABAMENTO: 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm)** **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 143		1			
SISTEMA 07 SHERWIN - WILLIAMS TOTAL						2	1	2	0

	Aço carbono galvanizado por imersão a quente tratado com um pré-**tratamento com híbrido (Silanos à base de Epoxi).** Nota:tem silanos mas é muito mais resistente e tem espessura de 1 micron), pintado.	Sherwin - Williams	**SISTEMA 07:** **PRIMER**: 1 d Epóxi Damp Tolerant (N-2680) (150 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (100 µm); **ACABAMENTO: 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm)** **Espessura Total: 320 µm**	ICZ 144	2680	1			
22	**Aço carbono galvanizado** por imersão a quente tratado com um pré-**tratamento com híbrido (Silanos à base de Epoxi).** Nota:tem silanos mas é muito mais resistente e tem espessura de 1 micron), pintado com incisão longitudinal de 0,5 mm.	Sherwin - Williams	**SISTEMA 07:** **PRIMER**: 1 d Epóxi Damp Tolerant (N-2680) (150 µm) ; **INTERMEDIÁRIA:** 1 d Epóxi-poliamida(N-2628) (100 µm); **ACABAMENTO: 1d Poliuretano (N-2677) (70 µm)** **Espessura Total: 320 µm**	**ICZ 145**		1			

RESUMO DE QUANTIDADE DE CORPOS DE PROVAS POR FORNECEDOR

Armco	63
Marangoni	45
Trifer	12
Sherwin-Willlians	79
Total	199