

Copyright 2016, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2016, em Búzios/RJ no mês de maio de 2016.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

## LEGENDA:

### **Evolução de sistemas anticorrosivos em tinta em pó para ambientes marítimos, offshore e de refinarias**

Cláudio R. Martins<sup>a</sup>, Marcos Roberto Segalla<sup>b</sup>, Camila Aparecida Zimmermann<sup>c</sup>

#### **Abstract**

The present study is to evaluate the anti-corrosion performance of a powder coating system consisting of primer rich in zinc and a finish applied over blasted steel panels. The evaluation was based on some tests provided by N-2680 Petrobrás standard and physico-chemical tests were performed at WEG laboratories. Analyzing the results, we can conclude that some of tested systems have good anti-corrosion performance and can be a viable alternative for use in some of the structures used in marine environments, offshore and refineries.

**Keywords:** corrosion, powder coating, yield, coating system.

#### **Resumo**

O presente trabalho consistiu em avaliar o desempenho anticorrosivo de um sistema de tintas em pó composto por primer rico em zinco e um acabamento aplicado sobre painéis de aço jateado. A avaliação foi baseada em alguns testes previstos na norma Petrobrás N-2680 e os ensaios físico-químicos foram realizados nos laboratórios da WEG Tintas. Analisando-se os resultados pode-se concluir que alguns dos sistemas testados apresentam bom desempenho anticorrosivo podendo constituir uma alternativa viável para aplicação em algumas das estruturas utilizadas em ambientes marítimos, offshore e de refinarias.

**Palavras-chave:** corrosão, tinta em pó, rendimento, sistema de pintura.

#### **Introdução**

A tinta em pó é um composto bem balanceado de polímeros (resinas), pigmentos, aditivos e cargas minerais que, após processados, se apresentam como uma substância única sob a forma de pó fino. Este produto é aplicado no seu estado original através de pistola eletrostática, diretamente sobre a superfície a ser recoberta, depois sofre a fusão e cura (reticulação) através do aquecimento da superfície em temperaturas de cerca de 200 °C por 10 minutos resultando numa película protetiva de alta resistência física e química que pode se apresentar nas mais diversas cores, brilhos e aspectos.

<sup>a</sup> Bacharel em Química Industrial, Chefe do Lab. de Tintas em Pó – WEG TINTAS Ltda.

<sup>b</sup> Engenheiro Químico, Especialista do Lab. de Tintas em Pó – WEG TINTAS Ltda.

<sup>c</sup> Estudante de Engenharia Química, Auxiliar de Lab. de Corrosão - WEG TINTAS Ltda.

A tinta em pó atualmente é reconhecida pelo seu bom desempenho em diversas aplicações como por exemplo, móveis, eletrodomésticos, perfis de alumínio e equipamentos, mas pouco se cogitou seu uso em ambientes marítimos, offshore e de refinarias.

O motivo determinante era o não atendimento às elevadas exigências de desempenho prescritas pela norma regulamentadora N-2680.

Um outro fator limitante ao uso da tinta em pó são as dimensões das estruturas e sua pintura no local da obra, no entanto existem diversas peças de menor porte e geometria complexa que podem receber pintura antes da sua instalação. Para este caso a tinta em pó se apresenta como solução ideal pelos seguintes motivos:

- Fácil aplicação e cura: o ciclo típico de cura é de 10' - 200°C (temperatura no metal), podendo variar em função da formulação da tinta. As peças aplicadas e curadas com tintas em pó, após seu resfriamento, podem ser prontamente manuseadas e transportadas para a obra final ganhando-se tempo em logística. Já com tinta líquida o tempo de secagem ao manuseio pode se estender por até alguns dias dependendo das condições atmosféricas;
- Rendimento elevado: pode-se considerar perdas de 0 a 3%, enquanto que a tinta líquida pode gerar até 70% de perdas devido à grande variação de geometria das peças;
- Menor espessura de camada total aplicada;
- Baixo impacto ambiental devido à ausência de solventes.

## Metodologia

O presente trabalho teve por meta definir um sistema de pintura capaz de atingir resultado positivo em alguns ensaios da norma Petrobrás N-2680, revisão de 05/07:

**Tabela 1** - Ensaios realizados conforme a norma Petrobrás N-2680, revisão de 05/07

Ensaios	Requisitos	Norma
Ensaio Cíclico de Corrosão I, Ciclo (168 h)	Mín. 25	Item 5.2.2.9 N-2680
Ensaio Cíclico de Corrosão III, Ciclo (168 h)	Mín. 20	Item 5.2.2.11 N-2680
Descolamento Catódico (30 dias), mm, Item 5.2.2.11, N-2680	Máx. 10	ASTM G8
Resistência à Imersão em Xileno, horas	Mín. 2000	ASTM D 1308
Resistência à Imersão em Água do Mar Sintética a 40 °C, h	Mín. 2000	ASTM D 1141
Aderência ( <i>Pull-Off Test</i> ), MPa	Min. 12	ASTM D 4541 A4
Brilho 60°, UB	Mín. 70	ASTM D 523

**Obs.:** O Ensaio Cíclico de Corrosão II, foi o único ensaio não realizado da norma Petrobrás N-2680 devido não possuímos nas dependências da WEG Tintas a câmara *Prohesion*, norma ASTM G 85.

As tintas em pó WEG Tintas testadas foram os seguintes produtos:

- a) Primer Epóxi Rico em Zinco, código 10005667, descrição POLITHERM 24 W-ZN LI CINZA RICO ZINCO 18260 SF, camada 90-100 micrometros. Primer com tecnologia WEG para proteção catódica devido a presença de zinco metálico em sua composição.
- b) Primer Epóxi Rico em Zinco Novo, código TPO-6784/1, descrição POLITHERM 24 W-ZN LI CINZA RICO ZINCO SF, camada 90-100 micrometros. Novo primer com tecnologia WEG para proteção catódica devido a presença de zinco metálico em sua composição.
- c) Primer Epóxi Rico em Zinco Novo, código TPO-6784/2, descrição POLITHERM 24 W-ZN LI CINZA RICO ZINCO SF, camada 90-100 micrometros. Novo primer com tecnologia WEG para proteção catódica devido a presença de zinco metálico em sua composição.
- d) Acabamento Epóxi Alta Camada, código 10005650, descrição POLITHERM 54 HB R CINZA N6,5 BR, camada 120-140 micrometros. Acabamento com tecnologia WEG HB – *High Building* para aplicação em alta camada e desenvolvido exclusivamente para fabricantes de estruturas metálicas abrigadas, produto com excelente recobrimento de arestas e proteção anticorrosiva.
- e) Acabamento Poliéster Alta Camada, código TPO7468/1, descrição POLITHERM 96 WFQ HB R CINZA N6,5 BR, camada 120-140 micrometros, acabamento com tecnologia WEG *Qualicoat* e HB – *High Building* para aplicação em alta camada e desenvolvido exclusivamente para fabricantes de estruturas metálicas não abrigadas, produto com excelente recobrimento de arestas e resistência aos raios ultravioleta.

Os sistemas de pintura foram aplicados sobre painéis de aço carbono SAE 1012 com espessura de 4,75 mm, jateados ao grau Sa 2 ½, rugosidade de 40 a 60 micrometros, sendo que todos os primers foram curados por 5'/200°C (temperatura da peça) e os acabamentos foram aplicados imediatamente após o resfriamento das peças e curados por 10'/200°C (temperatura da peça). Todo o processo foi feito nas dependências da WEG Tintas.

Os sistemas de pinturas testados foram escolhidos para atender ao ambiente marinho na condição abrigada (sem exposição solar) e não abrigada (com exposição solar), conforme as tabelas abaixo.

**Tabela 2** - Sistemas de pinturas testados para ambiente marinho na condição abrigada (sem exposição solar)

Teste	Primer (Camada, µm)	Acabamento (Camada, µm)	Camada Total (µm)
1	TPO-6784/1 W-Zn Novo I (90-100 µm)	10005650 Epóxi HB (120-140 µm)	210-240 µm
2	TPO-6784/2 W-Zn Novo II (90-100 µm)	10005650 Epóxi HB (120-140 µm)	210-240 µm

**Tabela 3** - Sistemas de pinturas testados para ambiente marinho na condição não abrigada (com exposição solar)

Teste	Primer (Camada, $\mu\text{m}$ )	Acabamento (Camada, $\mu\text{m}$ )	Camada Total ( $\mu\text{m}$ )
3	10005667 W-Zn (90-100 $\mu\text{m}$ )	TPO-7468/1 Poliéster HB (120-140 $\mu\text{m}$ )	210-240 $\mu\text{m}$
4	TPO-6784/2 W-Zn Novo II (90-100 $\mu\text{m}$ )	TPO-7468/1 Poliéster HB (120-140 $\mu\text{m}$ )	210-240 $\mu\text{m}$

## Resultados e discussão

Os resultados obtidos seguem abaixo:

**Tabela 4** - Resultados dos ensaios realizados conforme a norma Petrobrás N-2680, revisão de 05/07

Ensaio	Requisitos	Norma	Resultado
Ensaio Cíclico de Corrosão I, 25 ciclos	Sem corrosão ou bolhas Máx. 8 mm de extensão de corrosão	ISO 4628-2 ISO 4628-8	Atende, resultado parcial com 5 ciclos*
	Gizamento máx. grau 4	ASTM D 4214	
Ensaio Cíclico de Corrosão III, 20 ciclos	Sem corrosão ou bolhas Máx. 10 mm de extensão de corrosão	ISO 4628-2 ISO 4628-8	Atende, resultado parcial com 6 ciclos*
	Gizamento máx. grau 4	ASTM D 4214	
Descolamento Catódico, 30 d	Máx. 10 mm descolamento	ASTM G 8 Método B	Atende
Resistência à Imersão em Xileno, 2000 h	Sem corrosão, bolhas ou outras alterações	ASTM D 1308	Atende
Resistência à Imersão em Água do Mar Sintética a 40 °C, 2000 h	Sem corrosão, bolhas ou outras alterações	ASTM D 1141	Atende
Aderência ( <i>Pull-Off Test</i> )	Min. 12 MPa	ASTM D 4541 A4	Atende
Brilho 60°	Mín. 70 UB	ASTM D 523	Atende

Obs.\*: Até a data do evento INTERCORR 2016 apresentaremos os resultados finais dos ensaios cíclico de corrosão I e III.

Os resultados em detalhes são apresentados nas tabelas e figuras abaixo.

**Tabela 5** - Resultados parciais do ensaio Cíclico de Corrosão I, 5 ciclos, conforme a norma Petrobrás N-2680, revisão de 05/07

Amostra	Corpo de Prova N°	Oxidação	Bolhas (Empolamento)	Extensão da Corrosão (mm)	Gizamento (Método A)
TPO-6784/1 W-Zn Novo I +	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	1,6	6
	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	2,9	6
	Teste 3	Ri 0	0 (S0)	3,1	6
10005650 Epóxi HB	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	2,1	6
	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	2,4	6
	Teste 3	Ri 0	0 (S0)	2,4	6
TPO-6784/2 W-Zn Novo II +	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	2,0	10
	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	2,5	10
	Teste 3	Ri 0	0 (S0)	3,2	10
TPO-6784/1 Poliéster HB	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	1,6	10
	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	2,1	10
	Teste 3	Ri 0	0 (S0)	2,5	10
<b>Especificação</b>		Ri 0	0 (S0)	Máx. 8 mm	Máx. grau 4

Antes da delaminação



Depois da delaminação



Figura 1 – Foto do ensaio Cíclico de Corrosão I, 5 ciclos, TPO-6784/1 W-Zn Novo I + 10005650 Epóxi HB

Antes da delaminação



Depois da delaminação



Figura 2 – Foto do ensaio Cíclico de Corrosão I, 5 ciclos, TPO-6784/2 W-Zn Novo II + 10005650 Epóxi HB

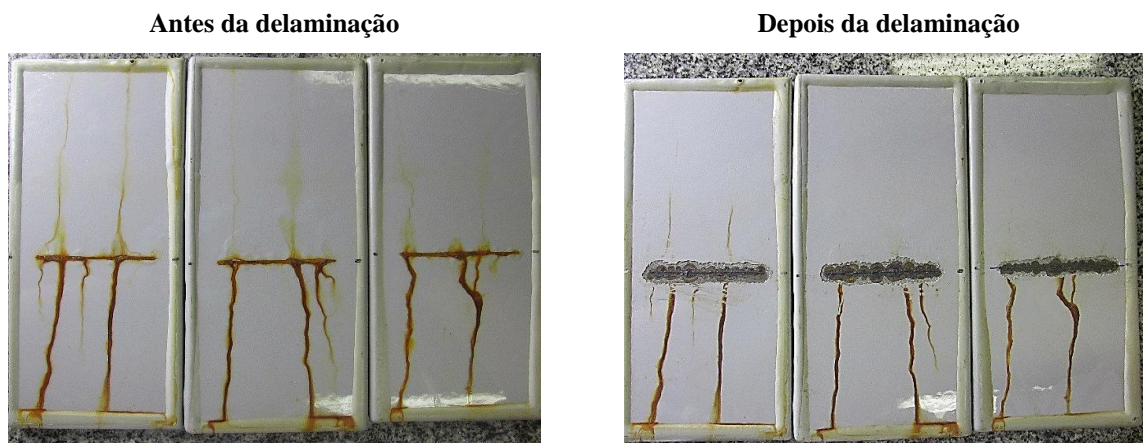


Figura 3 – Foto do ensaio Cíclico de Corrosão I, 5 ciclos, 10005667 W-Zn + TPO-7468/1 Poliéster HB

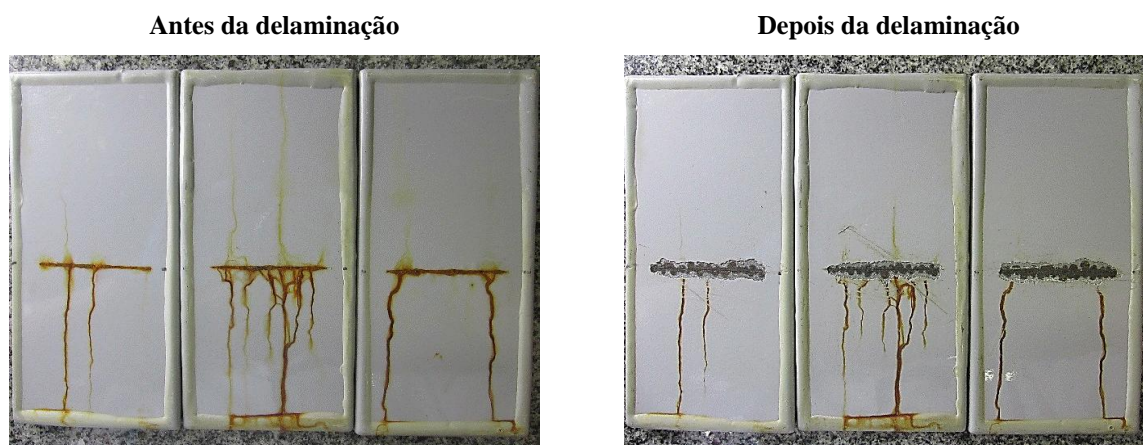


Figura 4 – Foto do ensaio Cíclico de Corrosão I, 5 ciclos, TPO-6784/2 W-Zn Novo II + TPO-7468/1 Poliéster HB

Tabela 6 - Resultados parciais do ensaio Cíclico de Corrosão III, 6 ciclos, conforme a norma Petrobrás N-2680, revisão de 05/07

Amostra	Corpo de Prova N°	Oxidação	Bolhas (Empolamento)	Extensão da Corrosão (mm)	Gizamento (Método A)
TPO-6784/1 W-Zn Novo I + 10005650 Epóxi HB	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	3,4	6
	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	3,6	6
	Teste 3	Ri 0	0 (S0)	3,8	6
TPO-6784/2 W-Zn Novo II + 10005650 Epóxi HB	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	2,5	6
	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	2,6	6
	Teste 3	Ri 0	0 (S0)	2,6	6
10005667 W-Zn + TPO-7468/1 Poliéster HB	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	2,8	10
	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	3,0	10
	Teste 3	Ri 0	0 (S0)	3,1	10
TPO-6784/2 W-Zn Novo II + TPO-7468/1 Poliéster HB	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	2,4	10
	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	3,0	10
	Teste 3	Ri 0	0 (S0)	3,7	10
<b>Especificação</b>		Ri 0	0 (S0)	Máx. 10 mm	Máx. grau 4

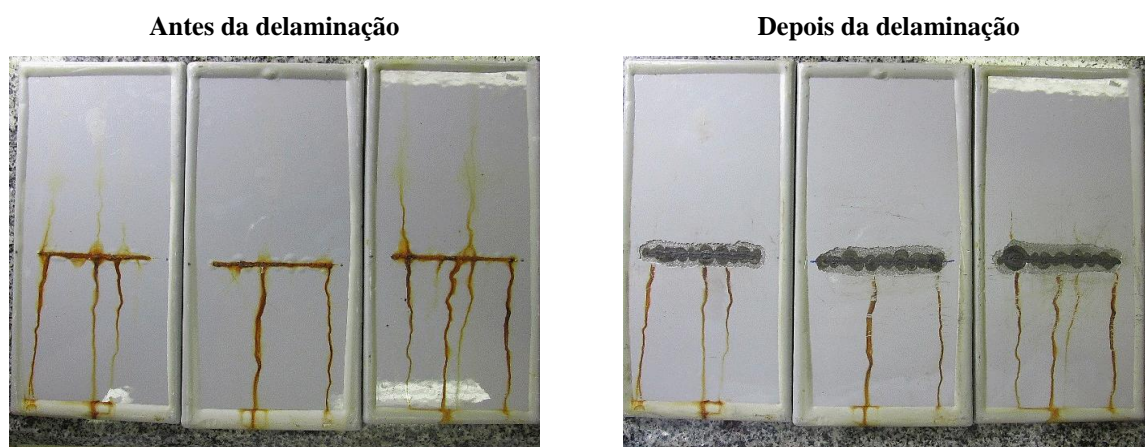


Figura 5 – Foto do ensaio Cíclico de Corrosão III, 6 ciclos, TPO-6784/1 W-Zn Novo I + 10005650 Epóxi HB

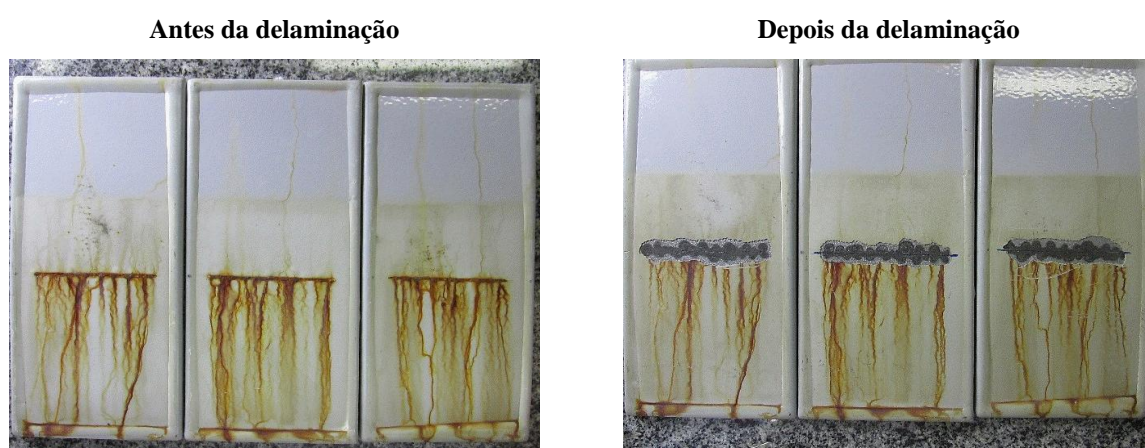


Figura 6 – Foto do ensaio Cíclico de Corrosão III, 6 ciclos, TPO-6784/2 W-Zn Novo II+10005650 Epóxi HB

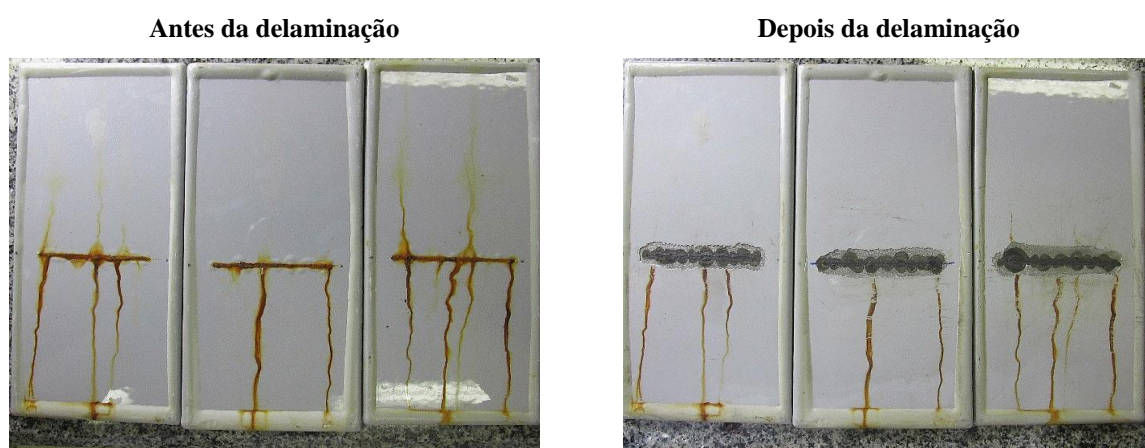


Figura 7 – Foto do ensaio Cíclico de Corrosão III, 6 ciclos, 10005667 W-Zn + TPO-7468/1 Poliéster HB

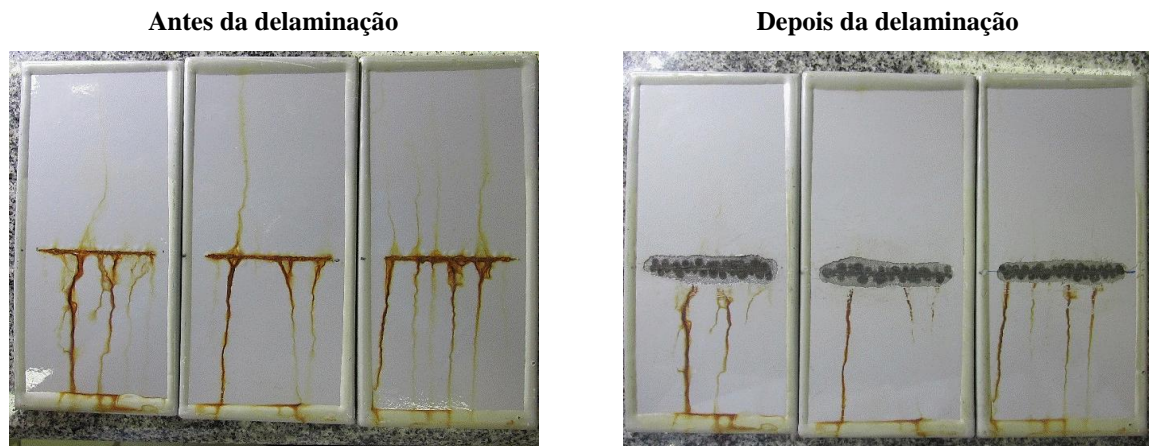


Figura 8 – Foto do ensaio Cíclico de Corrosão III, 6 ciclos, TPO-6784/2 W-Zn Novo II+TPO-7468/1 Poliéster HB

Tabela 7 - Resultados do ensaio de Descolamento Catódico, conforme a norma Petrobrás N-2680, revisão de 05/07

Amostra	Corpo de Prova N°	Oxidação	Bolhas (Empolamento)	Descolamento Catódico (mm)
TPO-6784/1 W-Zn Novo I	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	13,2
+	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	14,6
10005650 Epóxi HB	Teste 3	Ri 0	0 (S0)	13,1
TPO-6784/2 W-Zn Novo II	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	8,3
+	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	6,5
10005667 W-Zn	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	27,9
+	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	25,3
TPO-7468/1 Poliéster HB	Teste 3	Ri 0	0 (S0)	28,8
TPO-6784/2 W-Zn Novo II	Teste 1	Ri 0	0 (S0)	10,0
+	Teste 2	Ri 0	0 (S0)	6,7
TPO-7468/1 Poliéster HB	Teste 3	Ri 0	0 (S0)	8,2
<b>Especificação</b>		Ri 0	0 (S0)	Máx. 10 mm



Figura 9 – Foto do ensaio Descolamento Catódico, TPO-6784/1 W-Zn Novo I + 10005650 Epóxi HB





**Figura 10 – Foto do ensaio Descolamento Catódico, TPO-6784/2 W-Zn Novo II + 10005650 Epóxi HB**



**Figura 11 – Foto do ensaio Descolamento Catódico, 10005667 W-Zn + TPO-7468/1 Poliéster HB**



**Figura 12 – Foto do ensaio Descolamento Catódico, TPO-6784/2 W-Zn Novo II+TPO-7468/1 Poliéster HB**

**Tabela 8** - Resultados do ensaio de Imersão em Xileno, conforme a norma Petrobrás N-2680, revisão de 05/07

<b>Amostra</b>	<b>Oxidação</b>	<b>Bolhas (Empolamento)</b>
TPO-6784/1 W-Zn Novo I + 10005650 Epóxi HB	Ri 0	0 (S0)
TPO-6784/2 W-Zn Novo II + 10005650 Epóxi HB	Ri 0	0 (S0)
10005667 W-Zn + TPO-7468/1 Poliéster HB	Ri 0	0 (S0)
TPO-6784/2 W-Zn Novo II + TPO-7468/1 Poliéster HB	Ri 0	0 (S0)
<b>Especificação</b>	Ri 0	0 (S0)



TPO-6784/1 W-Zn Novo I + 10005650 Epóxi HB



TPO-6784/2 W-Zn Novo II + 10005650 Epóxi HB



10005667 W-Zn + TPO-7468/1 Poliéster HB



TPO-6784/2 W-Zn Novo II + TPO-7468/1 Poliéster HB

**Figura 13 – Foto do ensaio de Imersão em Xileno**

**Tabela 9** - Resultados do ensaio de Imersão em Água do Mar Sintética a 40 °C, conforme a norma Petrobrás N-2680, revisão de 05/07

<b>Amostra</b>	<b>Oxidação</b>	<b>Bolhas (Empolamento)</b>
TPO-6784/1 W-Zn Novo I + 10005650 Epóxi HB	Ri 0	0 (S0)
TPO-6784/2 W-Zn Novo II + 10005650 Epóxi HB	Ri 0	0 (S0)
10005667 W-Zn + TPO-7468/1 Poliéster HB	Ri 0	0 (S0)
TPO-6784/2 W-Zn Novo II + TPO-7468/1 Poliéster HB	Ri 0	0 (S0)
<b>Especificação</b>	Ri 0	0 (S0)



TPO-6784/1 W-Zn Novo I + 10005650 Epóxi HB



TPO-6784/2 W-Zn Novo II + 10005650 Epóxi HB



10005667 W-Zn + TPO-7468/1 Poliéster HB

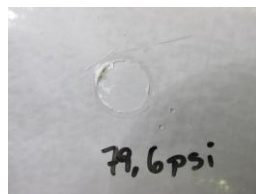
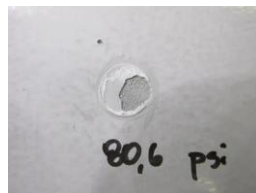
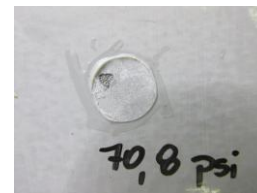


TPO-6784/2 W-Zn Novo II + TPO-7468/1 Poliéster HB

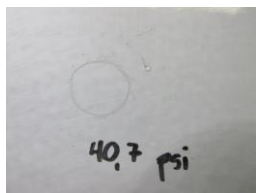
**Figura 14** – Foto do ensaio de Imersão em Água do Mar Sintética a 40 °C

**Tabela 10** - Resultados do ensaio de Aderência (*Pull-Off Test*), conforme a norma Petrobrás N-2680, revisão de 05/07

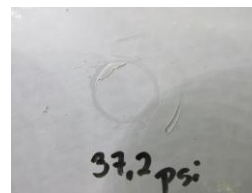
Amostra	Tensão de Ruptura (MPa)	
	Classificação de Falha	
	Dolly 1	Dolly 2
TPO-6784/1 W-Zn Novo I	22,1	19,8
+ 10005650 Epóxi HB	92,8% C/Y 7,2% Y/Z	6,0 % A/B 3,4 % B/C 90,6 % C/Y
TPO-6784/2 W-Zn Novo II	22,4	19,7
+ 10005650 Epóxi HB	41,0% A/B 30,2% C/Y 28,8% Y/Z	3,9% A/B 14,3% C/Y 81,8% Y/Z
10005667 W-Zn	<b>11,3</b>	<b>10,3</b>
+ TPO-7468/1 Poliéster HB	100 % C/Y	100 % C/Y
TPO-6784/2 W-Zn Novo II	<b>5,9</b>	<b>5,0</b>
+ TPO-7468/1 Poliéster HB	100 % C/Y	100 % C/Y
<b>Especificação</b>		Mín. 12 MPa
Obs.: Equipamento: Dispositivo Pneumático de Tração, Pistão: F8, Marca: P.A.T.T.Y., Modelo: Quantum QD, N° Série: 228, Adesivo Epóxi bicomponente Scotch Weld DP 460 Off-White, Norma ASTM D 4541 A4 - Determinação da Aderência por Tração de Tintas		

**Classificação de Falha**92,8% C/Y  
7,2% Y/Z**Classificação de Falha**6,0 % A/B  
3,4 % B/C  
90,6 % C/Y**Figura 15** – Foto do ensaio Aderência (*Pull-Off Test*), TPO-6784/1 W-Zn Novo I + 10005650 Epóxi HB**Classificação de Falha**41,0% A/B  
30,2% C/Y  
28,8% Y/Z**Classificação de Falha**3,9% A/B  
14,3% C/Y  
81,8% Y/Z**Figura 16** – Foto do ensaio Aderência (*Pull-Off Test*), TPO-6784/2 W-Zn Novo II + 10005650 Epóxi HB

**Classificação de Falha**  
100 % C/Y

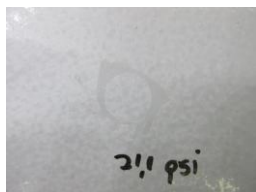


**Classificação de Falha**  
100 % C/Y

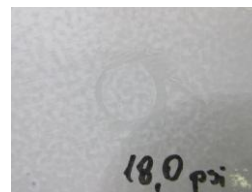


**Figura 17** – Foto do ensaio Aderência (*Pull-Off Test*), 10005667 W-Zn + TPO-7468/1 Poliéster HB

**Classificação de Falha**  
100 % C/Y



**Classificação de Falha**  
100 % C/Y



**Figura 18** – Foto do ensaio Aderência (*Pull-Off Test*), TPO-6784/2 W-Zn Novo II+TPO-7468/1 Poliéster HB

**Tabela 11** - Resultados do ensaio de Brilho 60°, conforme a norma Petrobrás N-2680, revisão de 05/07

<b>Amostra</b>	<b>Brilho médio 60° (UB)</b>
TPO-6784/1 W-Zn Novo I +	83,5
10005650 Epóxi HB	
TPO-6784/2 W-Zn Novo II +	82,5
10005650 Epóxi HB	
10005667 W-Zn +	90,5
TPO-7468/1 Poliéster HB	
TPO-6784/2 W-Zn Novo II +	90,9
TPO-7468/1 Poliéster HB	
<b>Especificação</b>	Mín. 70 UB

## Conclusões

O sistema de pintura que atendeu aos ensaios da norma Petrobrás N-2680 foi TPO-6784/2 W-Zn Novo II + 10005650 Epóxi HB.

O sistema de pintura TPO-6784/2 W-Zn Novo II + TPO-7468/1 Poliéster HB apresentou bons resultados anticorrosivos porém no ensaio de Aderência (*Pull-off Test*) o resultado foi abaixo do especificado. O adesivo epóxi utilizado não possui boa adesão em tintas em pó poliéster devido determinados aditivos de superfície utilizados para melhorar resistência à abrasão e ao risco. Mesmo repetindo este ensaio mais vezes o resultado se manteve portanto, concluímos

neste caso que este plano de pintura possui adesão e coesão superiores aos valores encontrados.

O primer rico em zinco TPO-6784/2 W-Zn Novo II foi o principal fator para o cumprimento dos ensaios anticorrosivos testados da norma, independentemente do acabamento utilizado.

Conforme citado na tabela 4 seguiremos com mais ciclos nos ensaios de corrosão cíclica I e III e os apresentaremos até a data da apresentação do trabalho em maio na INTERCORR 2016.

### **Referências bibliográficas**

---

CONTEC – Comissão de Normalização Técnica. **N-2680 PETROBRÁS: “TINTA EPÓXI, SEM SOLVENTES, TOLERANTE A SUPERFÍCIES MOLHADAS”**, Rio de Janeiro, 2011.