

Copyright 2014, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2014, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2014.

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

## **Reparo de Pintura Interna de Tanques de Armazenamento** **Fábio Moraes de Oliveira<sup>a</sup>, Marcelo Gimenez<sup>b</sup>, Gerson Vianna Vieira<sup>c</sup>**

### ***Abstract***

---

During the internal inspection of a diesel storage tank shell, one detected general peeling of the painting on the first and last shell courses, as well as within other limited areas. This paper aims to define a painting repair procedure for atmospheric storage tanks, applying pull-off adhesion tests as part of the quality control.

**Keywords:** repair, painting, storage tank.

### **Resumo**

---

Durante a inspeção interna do costado de um tanque de armazenamento de óleo diesel, verificaram-se regiões apresentando o descascamento generalizado da pintura no primeiro e último anéis, ocorrendo de forma localizada nos demais. O presente trabalho visa a definição de um procedimento para reparo de pintura em tanques de armazenamento atmosféricos, subsidiado por testes de aderência do tipo “pull-off” como controle de garantia.

**Palavras-chave:** reparo, pintura, tanque de armazenamento.

### **Introdução**

---

Dado que não há procedimento para a realização de reparos em pinturas em áreas internas de tanques de armazenamento, surge a discussão sobre sua impossibilidade técnica, sendo mantido um elevado grau de confiabilidade para uma campanha de pelo menos 10 anos. Isto se dá principalmente devido ao desconhecimento sobre o comportamento da aderência do novo esquema de pintura na região de sobreposição com a pintura já existente. Uma falha de aderência nesta região poderia comprometer toda a área reparada.

Conforme histórico de fabricação e de manutenção, verificou-se que, durante sua construção, o tanque de óleo diesel em análise (cujo diâmetro interno é de 48 m) foi pintado internamente entre 1988 e 1989 com duas demãos de tinta epóxi óxido de ferro curada do poliamina, com 35 µm em cada demão, e mais duas demãos de tinta de acabamento epóxi, com 120 µm em cada demão.

---

<sup>a</sup> Engenheiro de Inspeção - TRANSPETRO

<sup>b</sup> Técnico de Inspeção de Equipamentos e Instalações - TRANSPETRO

<sup>c</sup> Técnico Químico de Petróleo – PETROBRAS/CENPES

No ano de 2003 foram realizadas algumas intervenções de manutenção no tanque, nas quais foi necessária a realização de reparos na pintura interna, justamente nas regiões onde foram detectados os descascamentos na atual inspeção. Nessa oportunidade a pintura original foi removida com jateamento abrasivo, deixando o substrato no padrão Sa 2 ½, com perfil de rugosidade de 59 µm (conforme informações obtidas nos relatórios emitidos naquela oportunidade). Após o jateamento foi aplicada uma demão de tinta epóxi-fosfato de zinco de alta espessura com 110 µm e mais duas demãos de tinta de acabamento epóxi sem solvente, com 150 µm em cada demão.

O trabalho inicialmente se propôs a verificar a aderência do esquema de pintura existente para então estudar variações nos parâmetros de preparo de superfície e esquemas de pintura da região do reparo na sobreposição, também passando por testes de aderência do tipo “pull-off”.

## Metodologia

Inicialmente, verificou-se que todas as regiões que foram pintadas durante a intervenção de 2003 deveriam ser novamente jateadas ou hidrojateadas conforme padrão Sa 2 ½ ou WJ-2, mantendo-se a região de sobreposição de qualquer um dos reparos a ser realizado sobre o esquema aplicado em 1988 / 1989. Essa decisão baseou-se exclusivamente na inspeção visual destas superfícies, a qual evidenciou que não havia nenhuma condição de aproveitamento do esquema aplicado em 2003.

Porém, o mesmo não ocorreu para o revestimento aplicado na construção do equipamento. Visualmente o revestimento mostrava-se íntegro e com boa aderência, no entanto optou-se em realizar ensaio de tração pelo método “pull-off” seguindo os critérios estabelecidos na ASTM D 4541:2009, Método D – Equipamento Tipo IV, para assim qualificar a aderência do revestimento em questão. Neste ensaio foram coletadas 18 amostras na pintura do 5º anel do costado, onde os pinos (dolly) foram colados variando-se de 150 mm a 300 mm abaixo da solda horizontal de ligação do 5º com o sexto anel.

O resultado do ensaio pode ser visualizado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Resultado dos ensaios de aderência à tração do revestimento aplicado em 1988 / 1989**

AMOSTRA	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)	TIPO DE FALHA / OBSERVAÇÕES
01	16,3	Falha B
02	9,8	Falha 50% B + 50% Y/Z
03	16,6	Falha B
04	19,1	Falha B
05	16,6	Falha B
06	18,6	Falha B
07	18,8	Falha B
08	15,2	Falha 50% AB + 50% Y/Z
09	12,9	Teste realizado sobre região reparada em 2003. Falha

		B/C
10	17,7	Falha B
11	16,0	Falha B
12	15,7	Falha B
13	11,8	Falha 50% B + 50% A/B
14	15,7	Falha B
15	11,0	Falha 70% B + 30% Y/Z
16	12,7	Falha 70% B + 30% Y/Z
17	15,7	Falha B
18	10,7	Falha 50% B + 50% Y/Z

Neste ensaio utilizou-se equipamento da fabricante ELCOMETER modelo PATTI 110. Para colagem dos pinos, foi utilizado o adesivo epóxi 3M bi-componente DP-460. Aguardou-se o período de 24 horas para a cura completa do mesmo.

A figura 1 auxilia na interpretação das falhas encontradas neste ensaio.

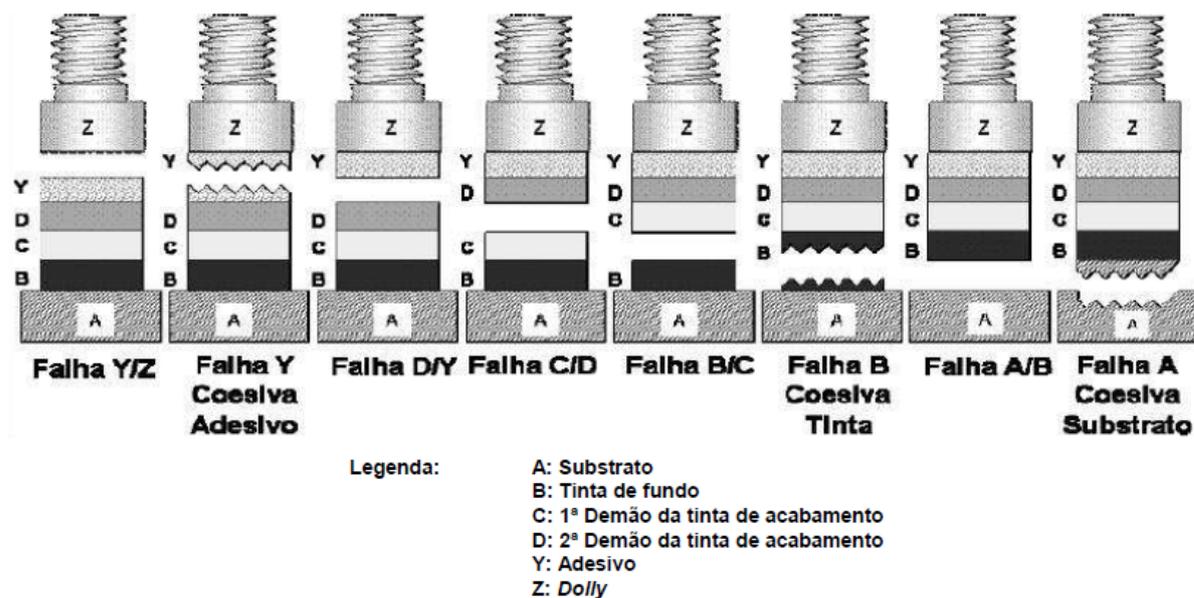


Figura 1 – Desenho esquemático para interpretação dos resultados do ensaio de aderência à tração.

Baseando-se em boas práticas, arbitrou-se como critério de aceitação do ensaio uma tensão mínima de 12 MPa.

Analisando-se os resultados obtidos, somente as amostras 02, 13, 15 e 18 obtiveram valores inferiores ao critério estabelecido, porém concluiu-se que estes sofreram interferências da falta de aderência do adesivo ao dolly, caracterizada pela falha Y/Z.

Portanto, os resultados para este ensaio foram considerados satisfatórios, comprovando a boa aderência do esquema de pintura existente e portanto habilitando-a para a sobreposição de nova camada de pintura, fazendo assim sobreposição do reparo.

Os equipamentos disponíveis para o preparo de superfície da região de sobreposição eram o hidrojato ou jateamento abrasivo de grande porte. O hidrojateamento para este caso foi descartado, pois o mesmo tem como característica efetuar a remoção da película de tinta, tornando-a quebradiça, impossibilitando a formação de um perfil de rugosidade para a sobreposição do esquema de reparo.

Tendo somente disponível o equipamento de jateamento abrasivo de grande porte, algumas adaptações tiveram de ser realizadas para a obtenção do resultado esperado. Primeiramente houve a necessidade de utilização de abrasivo de granulometria reduzida, normalmente obtido após várias reciclagens do mesmo. Posteriormente, durante a aplicação, percebeu-se que com o posicionamento do bico da jateadora perpendicularmente à superfície, ainda que a uma distância de aproximadamente 50 cm da mesma, a ação do abrasivo acabava por remover parcialmente a película do revestimento, tornando-a quebradiça e comprometendo sua adesão ao substrato. Com base neste resultado, decidiu-se por efetuar o jateamento sendo mantida a distância, porém com o bico oblíquo à superfície a um ângulo entre 30° e 45°, aproximadamente.

Esta condição permitiu a obtenção do resultado esperado, sendo removidas as contaminações da superfície da antiga película de tinta, além de se ter aberto um novo perfil de rugosidade para permitir a adesão física do novo esquema de pintura.

Para melhor entendimento, a Figura 2 ilustra melhor a região que foi preparada para a aplicação dos novos esquemas de pintura.

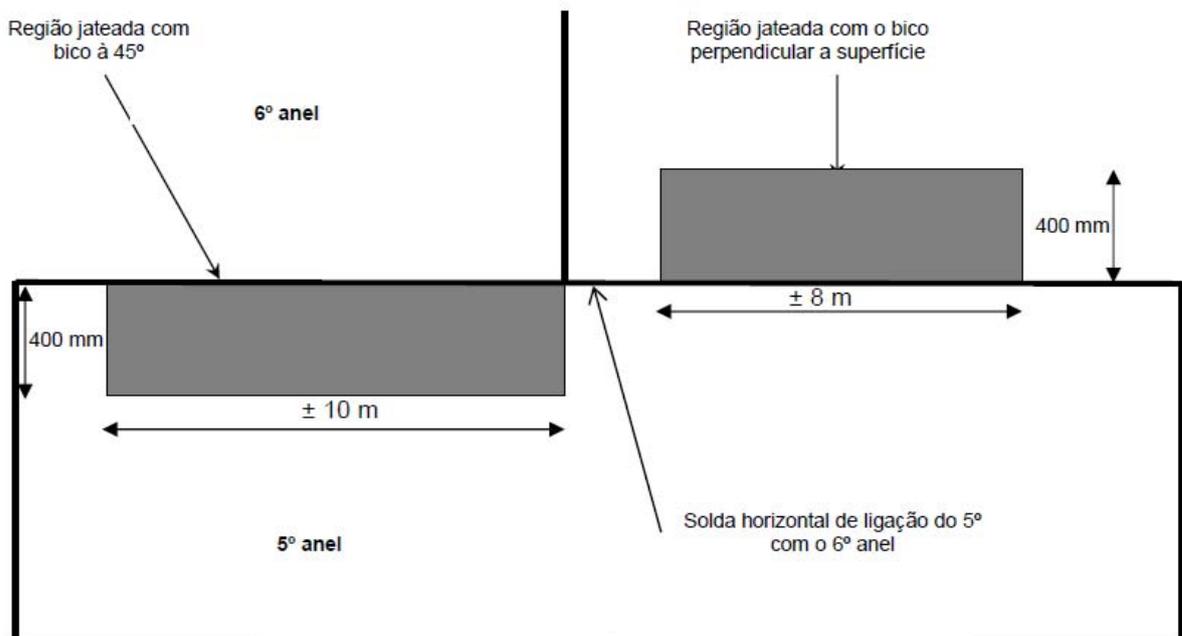
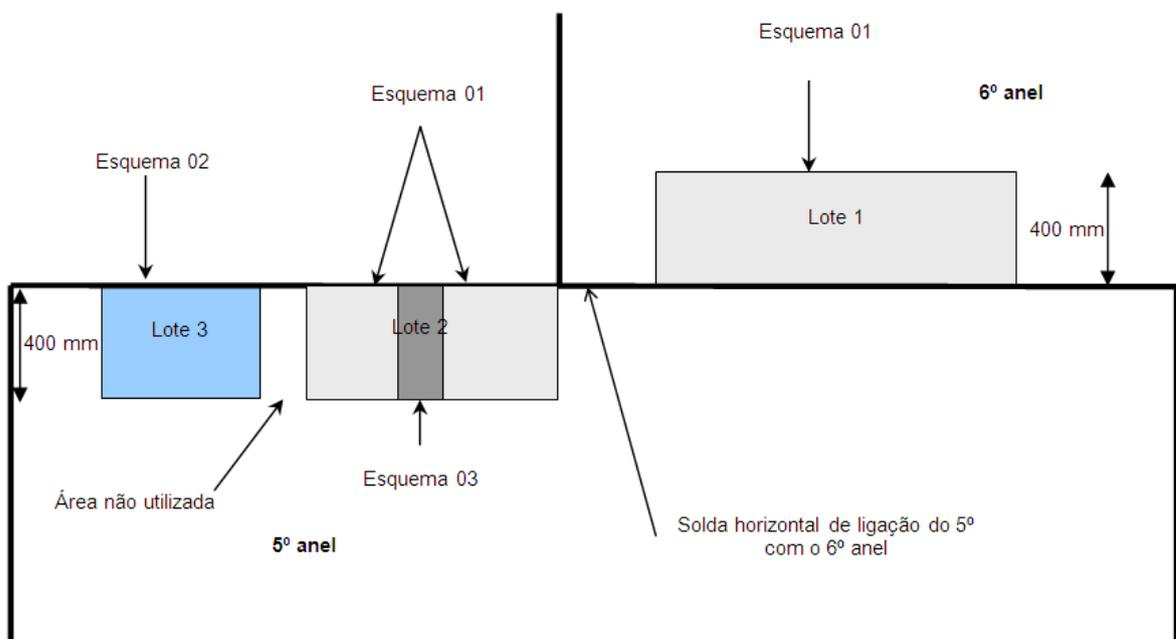


Figura 2 – Desenho esquemático com a indicação das regiões jateadas.

Após a conclusão do jateamento, foram aplicados dois esquemas de pintura distintos sobre estas regiões, com a finalidade de se comparar o desempenho dos mesmos.

No primeiro esquema (Esquema 01) foi combinada uma demão de tinta epóxi – fosfato de zinco de alta espessura mais uma demão de tinta epóxi “Novolac” (480  $\mu\text{m}$ ). Foi aguardado o intervalo de 24 horas para secagem da primeira demão, antes da aplicação da demão de acabamento. No segundo esquema (Esquema 02) foi aplicada demão única de tinta epóxi “Novolac” (480  $\mu\text{m}$ ). Como Esquema 03, foi mantida uma única demão de tinta epóxi – fosfato de zinco de alta espessura, sendo dispensado o ensaio nesta região por ser objeto deste estudo os resultados relacionados ao reparo com epóxi “Novolac” como tinta de acabamento. Em todos os esquemas, as tintas foram aplicadas utilizando-se rolo.

Na Figura 3, pode-se visualizar como ficou a aplicação dos esquemas de pintura descritos. Já as Figuras 4, 5 e 6 ilustram as etapas no preparo das superfícies ensaiadas.



**Figura 3 – Desenho esquemático com a indicação dos esquemas de pintura testados.**



**Figura 4 – Abrasivo utilizado e teste no Ponto 04 (esquema antigo)**

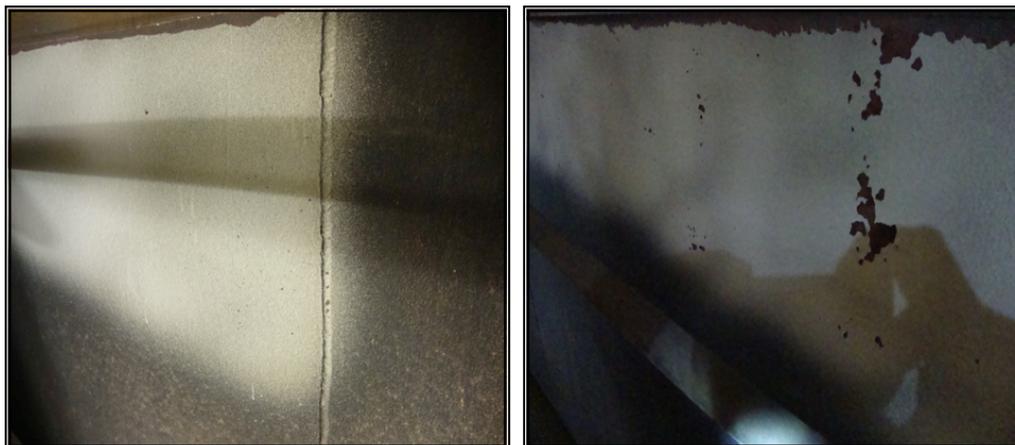


Figura 5 – Regiões com jateamento satisfatório (esq.) e insatisfatório (dir.)



Figura 6 – Região reparada indicada como Lote 2 na Figura 3

## Resultados e discussão

Após aguardar cerca de 15 dias para a cura total de ambas as tintas aplicadas, foi realizado ensaio de tração dos revestimentos aplicados. Foram coletadas 27 amostras e os resultados encontram-se na Tabela 02.

Tabela 2 – Resultado dos ensaios de aderência tração do revestimento aplicado na região de sobreposição

ESQUEMA DE PINTURA	AMOSTRA	TENSÃO DE	
		RUPTURA (MPa)	TIPO DE FALHA / OBSERVAÇÕES
ESQUEMA 01 Amostras na região de jateamento não satisfatório (LOTE 01)	01	3,3	Falha B (no esquema antigo)
	02	17,9	Falha coesiva na tinta epóxi “Novolac”
	03	7,8	Falha B (no esquema antigo)
	04	2,7	Falha Y
	05	10,6	Falha 40% coesiva na tinta epóxi “Novolac” + 60% Y
	06	6,4	Falha B (no esquema antigo)

	07	9,8	Falha 50% A/B + 50% Y
	08	11,2	Falha A/B
	09	10,3	Falha B/C (no esquema novo)
	10	5,3	Falha Y/Z
<b>ESQUEMA 01</b>	11	13,4	Falha A/B (no esquema antigo)
Amostras na região de	12	5,0	Falha Y
jateamento satisfatório	13	5,3	Falha Y
(LOTE 02)	14	14,0	Falha A/B (no esquema antigo)
	15	7,0	Falha 50% A/B + 50% Y
	16	11,2	Falha 70% Y + 30% coesiva na tinta epóxi – fosfato de zinco de alta espessura
	17	15,1	Falha A/B (no esquema antigo)
	18	12,0	Falha B/C (no esquema novo)
	19	13,5	Falha Y
	20	13,5	Falha A/B (no esquema antigo)
<b>ESQUEMA 02</b>	21	6,4	Falha A/B (no esquema antigo)
Amostras na região de	22	5,3	Falha 90% Y + 10% A/B
jateamento satisfatório	23	7,8	Falha Y
(LOTE 03)	24	8,1	Falha Y
	25	4,4	Falha Y
	26	6,1	Falha Y
	27	5,0	Falha Y

Levando-se em conta que os esquemas de pintura se dão sobre outro existente, espera-se pelo menos uma resistência de 10 Mpa no ensaio de tração, por ser este valor indicado como referência para a tinta epóxi – fosfato de zinco de alta espessura em condições de superfície melhores que as encontradas nesta situação. Portanto, o valor adotado ainda é conservativo.

Como pode ser visto nos resultados acima, em várias amostras houve o rompimento apresentando a falha Y ou Y/Z com valores baixos, que significa que o dolly se despreendeu da cola com tensões abaixo de 10 MPa. Essas amostras não podem ser consideradas na análise, pois não representam o verdadeiro valor de resistência da pintura testada. A grande quantidade de rompimentos nessa condição pode ser atribuída à elevada umidade relativa do ar no dia da colagem dos pinos no costado do tanque, o que pode ter influência na cura da cola, reduzindo assim sua resistência a tração. Portanto, para esta análise serão consideradas apenas as amostras 01, 02, 03, 05, 06, 08, 09, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 20 e 21.

Se levarmos em conta as 10 amostras consideradas válidas na região de jateamento satisfatório, 09 apresentaram resistência superior a 10 MPa, valor esse considerado satisfatório para garantir uma boa confiabilidade do esquema de pintura para mais uma campanha de pelo menos 10 anos do tanque. Além disso, das 05 amostras consideradas válidas na região de jateamento insatisfatório, apenas 02 apresentaram resistência superior a 10 MPa. Ou seja, mesmo em condição de superfície mal preparada, ainda sim 40 % das

amostras obtiveram resultados satisfatórios. Também é importante frisar que em nenhuma das amostras houve o rompimento entre as camadas da nova pintura com a pintura antiga, o que comprova que a possibilidade de falta de adesão entre os esquemas da pintura nova com a antiga é uma hipótese a ser desprezada neste caso, desde que o preparo da superfície seja realizado adequadamente.

## **Conclusões**

---

Com base nos resultados apresentados acima, pode-se considerar tecnicamente possível a realização de reparos em pintura de tanques de armazenamento, sendo mantido elevado grau de confiabilidade no esquema de pintura para uma campanha de pelo menos mais 10 anos.

Porém para isso é necessário que sejam seguidos rigorosamente alguns passos para que se obtenha um resultado satisfatório:

- a) A região onde será removido totalmente o esquema de pintura antigo, deverá obrigatoriamente apresentar grau de preparação conforme padrão Sa 2 ½.
- b) A região de sobreposição do novo esquema de pintura sobre o esquema antigo deverá passar por preparação de superfície através de jateamento, utilizando preferencialmente equipamentos de pequeno porte, desenvolvidos especificamente para este tipo de condição. Caso isso não seja possível, utilizar jateamento abrasivo convencional com abrasivo possuindo a menor granulometria possível (normalmente essa condição é atingida após varias reciclagens do mesmo) e aplicar o jato com o bico a um ângulo entre 30° e 45° a superfície da chapa. O jateamento deve ser feito até haver o clareamento da pintura antiga sem haver descascamentos.
- c) Qualquer um dos esquemas de pintura testados pode ser utilizado para região de sobreposição, já que apresentaram desempenho semelhante.
- d) Caso seja necessário um reforço na demão da tinta epóxi “Novolac”, o mesmo deve ser realizado com a mesma ainda úmida ao toque, aplicando-a no sentido cruzado ao aplicado anteriormente. A pintura da região de sobreposição pode ser realizada com o uso de pistola sem ar ou rolo. Nas regiões com exposição do substrato recomenda-se o uso da pistola sem ar devido ao alto rendimento.
- e) Após a conclusão da pintura, deverá ser realizado ensaio de continuidade de película com uso do holiday detector e ensaio de aderência a tração. Porém, na região de sobreposição, tensões com mais de 10 MPa podem ser consideradas satisfórias.

Vale ressaltar que o presente trabalho leva em conta apenas aspectos técnicos do processo, não envolvendo análises financeiras ou contratuais. Ainda assim, pôde-se levantar a economia em termos de custo, somando da ordem de 25% em relação ao recurso que seria despendido em caso de pintura geral do costado. Também é importante frisar que a solução aplica-se a um caso particular, cabendo sempre a análise das condições da pintura existente anteriormente à tomada de decisão por seu reparo.

**Referências bibliográficas**

---

- (1) NORMA PETROBRAS N-13 REV. K – REQUISITOS TÉCNICOS PARA SERVIÇOS DE PINTURA. 07/2012.
- (2) NORMA PETROBRAS N-2630 REV. A – TINTA EPOXI - FOSFATO DE ZINCO DE ALTA ESPESSURA. 05/2005.
- (3) NORMA PETROBRAS N-2912 REV. A – TINTA EPÓXI "NOVOLAC". 08/2011.  
N-2913 REV. A – REVESTIMENTOS ANTICORROSIVOS PARA TANQUE, ESFERA, CILINDRO DE ARMAZENAMENTO. 10/2012.
- (4) ASTM D 4541 - STANDARD TEST METHOD FOR PULL-OFF STRENGTH OF COATINGS USING PORTABLE ADHESION TESTERS. 2009.