

Copyright 2012, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2012, em Salvador/BA no mês de maio de 2012.

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

## Revestimento Interno de Tubos

André Koebsch<sup>a</sup>, Cristiano Poloni<sup>b</sup>, Erik Barbosa Nunes<sup>c</sup>, Fernanda Mota Gonçalves<sup>d</sup>

### Abstract

The internal coating of pipes is currently specified for the purpose of reducing friction, minimize possible contamination of the fluid to be transported or corrosion protection. The body of the pipe is coated in coating plant and when specified to provide corrosion protection, the field joints also need to be protected after the welding of pipes. Previously, it took to coat in low thickness and high VOC in the transport of non-corrosive gas and conventional epoxies or modified in order to minimize possible contamination of the product and as a function anticorrosive. Even coating with cement mortar and sand was used as corrosion protection in the transport of salt water. Some oil fields, especially Northeast, has had its production reduced due to maturation. For these fields can have their lives prolonged, some recovery techniques have been used, for example, steam injection, produced water injection, CO<sub>2</sub> injection, etc. The produced water, although treated, has high levels of chloride, acid pH, presence of organic acids, H<sub>2</sub>S and absence of O<sub>2</sub>. These features make the water very corrosive. In order to satisfy the different and new scenarios with a unique product and with outstanding features to those used, PETROBRAS currently specifies epoxy novolac paint cured with polyamine to the pipes internal coating for onshore and offshore facilities. This paper aims to present the application and qualification requirements for the application of the coating procedure and its technical advantages.

**Keywords:** corrosion, coating etc.

### Resumo

O revestimento interno de tubos atualmente é especificado com o propósito de redução de atrito, minimizar possíveis contaminações do fluido a ser transportado ou proteção anticorrosiva. O corpo dos tubos é revestido em planta de revestimento e, quando especificado para prover proteção anticorrosiva, as juntas de campo também necessitam ser protegidas após a soldagem dos tubos. Anteriormente, adotava-se revestimento de baixa espessura e alto VOC no transporte de gás não corrosivo e epóxis convencionais ou modificados com objetivo de minimizar possíveis contaminações do produto e como função anticorrosiva. Até mesmo revestimento com argamassa de cimento e areia era utilizado como proteção anticorrosiva no transporte de água salgada. Alguns campos de petróleo, principalmente os da região Nordeste, vem tendo sua produção reduzida em função de seu amadurecimento. Para que estes campos possam ter as suas vidas prolongadas, algumas técnicas de recuperação vêm sendo utilizadas como, por exemplo: injeção de vapor, injeção de água produzida, injeção de CO<sub>2</sub>, etc. A água produzida, apesar de tratada, possui teor elevado de cloreto, pH ácido, presença de ácidos orgânicos, H<sub>2</sub>S e ausência de O<sub>2</sub>. Estas características tornam a água muito corrosiva. Visando atender os diferentes e novos cenários com um produto único e de características superiores aos utilizados, a PETROBRAS especifica atualmente tinta epóxi *novolac* curada com poliamina para revestimento interno de tubos destinados a instalações terrestres e marítimas. Este trabalho tem por objetivo apresentar os requisitos para aplicação e qualificação do procedimento de aplicação do revestimento e suas vantagens técnicas.

**Palavras-chave:** corrosão, revestimento etc.

<sup>a</sup> Engenheiro de Equipamentos - PETROBRAS

<sup>b</sup> Gerente Industrial - TSA

<sup>c</sup> Engenheiro de Equipamentos - PETROBRAS

<sup>d</sup> Engenheira de Processamento - PETROBRAS

---

## Introdução

---

Os campos de petróleo, principalmente no Nordeste, vêm utilizando água produzida no prolongamento da vida de campos maduros produtores de petróleo através de injeção. Este fluido é bastante corrosivo, podendo apresentar teores elevados de cloreto e traços de H<sub>2</sub>S, sendo necessário prover proteção anticorrosiva ao duto. Além disso, há produção de óleo com alto BSW e teores elevados de H<sub>2</sub>S e também CO<sub>2</sub>.

Mesmo para transporte de gás natural não corrosivo sempre havia alguns questionamentos quanto ao uso do revestimento denominado *flow coat*. Tratava-se de uma pintura epóxi bi-componente na superfície interna de tubos de aço apenas para reduzir a perda de carga durante o transporte de gás, visando economia de energia (não tinha função anticorrosiva). Este revestimento ainda reduzia formação de pó preto, formação de depósitos na parede interna e frequência de passagem de *pigs* de limpeza. Contudo, tratava-se de uma tinta de baixa espessura e cujos requisitos de ensaios para sua qualificação não eram tão rigorosos. Assim, quando tais revestimentos eram submetidos a testes hidrostáticos e necessitava-se passar um longo tempo de hibernação e/ou de estocagem, problemas poderiam ser evidenciados.

Diversas tintas entre epóxios convencionais, modificados, *novolac* ou éster vinílica eram especificadas para proteção anticorrosiva de diversos cenários, tais como: água salgada, água produzida, água oleosa, água industrial, efluente, petróleo com água de formação, nafta, álcool hidratado, etc. Além disso, não é difícil encontrar-se dutos que transportam mais de um fluido ou que passam a transportar um produto que não foi previsto inicialmente.

Visando utilizar um revestimento com características superiores, a PETROBRAS elaborou uma norma que determina as características técnicas da tinta epóxi *novolac* curada com poliamina. A partir deste momento, elaborou-se a norma de revestimento interno de tubos que estabelece condições para aplicação de um revestimento com funções de proteção anticorrosiva, redução de atrito e minimização de possíveis contaminações do fluido a ser transportado.

Desta forma, este trabalho estabelece os requisitos mínimos para aplicação e qualificação em fábrica, do procedimento de aplicação de revestimento à base de tinta líquida epóxi *novolac*, em superfície interna de tubos de aço.

---

## Metodologia

---

O processo de homologação da Engenharia de dutos engloba qualificação da matéria-prima e qualificação em planta de revestimento do produto aplicado. A qualificação consiste na verificação do atendimento aos requisitos técnicos em Norma ou Especificação Técnica pertinente. O processo de homologação permite que as qualificações sejam uniformes e intercambiáveis entre os empreendimentos, permitindo assim que os revestimentos aplicados e qualificados previamente possam ser utilizados em novos dutos com número reduzidos de ensaios, independentemente do solicitante original da qualificação. Desta maneira, a qualificação implica em redução de custo e prazo em projeto de dutos rígidos. O revestimento previsto para aplicação na face interna de tubos deve estar de acordo com a Norma PETROBRAS N-2912. Desta forma, a qualificação da matéria-prima esteve condicionada ao atendimento dos requisitos da Norma PETROBRAS N-2912.

## Propriedades da Tinta

A tinta *novolac* está especificada em três tipos:

- Tipo I, de cura térmica ou à temperatura ambiente;
- Tipo II, sem solventes, de cura à temperatura ambiente;
- Tipo III, sem solventes, de cura à temperatura ambiente, pigmentada com flocos de vidro ou cargas cerâmicas.

Os requisitos das tintas Tipo I, II e III, prontas para aplicação, constam nas tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 1 – Requisitos da tinta do Tipo I pronto para aplicação

Ensaio	Requisitos		Normas a utilizar
	Mín.	Máx.	
Sólidos por massa, %	80	-	PETROBRAS N-1367
Sólidos por volume, %	75	-	PETROBRAS N-1358
Massa Específica, g/cm <sup>3</sup>	-	1,5	ASTM D 1475
Consistência, UK	-	110	ASTM D 562
Descaimento, µm	200		ABNT NBR 12103
Finura de Moagem, µm	-	50	ASTM D 1210
Tempo de vida útil (“Pot-life”), min	45	-	ABNT NBR 15742
Tempo de secagem livre de pegajosidade, h	-	12	ASTM D 1640
Tempo de secagem à pressão, h	-	24	ASTM D 1640
Intervalo de repintura, h	-	24	ASTM D 1640

*Nota: no caso da necessidade de cura térmica, as condições de cura deverão ser indicadas pelo fabricante da tinta.*

Tabela 2 – Requisitos da tinta do Tipo II pronto para aplicação

Ensaio	Requisitos		Normas a utilizar
	Mín.	Máx.	
Sólidos por massa, %	97	-	PETROBRAS N-1367
Sólidos por volume, %	95	-	PETROBRAS N-1358
Massa específica, g/cm <sup>3</sup>	-	1,5	ASTM D 1475
Consistência, UK	-	140	ASTM D 562
Descaimento, µm	300		ABNT NBR 12103
Finura de Moagem, µm	-	50	ASTM D 1210
Tempo de vida útil ( <i>Pot-life</i> ), min	45	-	ABNT NBR 15742
Tempo de secagem livre de pegajosidade, h	-	12	ASTM D 1640
Tempo de secagem à pressão, h	-	24	ASTM D 1640
Intervalo de repintura, h	-	24	ASTM D 1640

Tabela 3 – Requisitos da tinta do Tipo III pronto para aplicação

Ensaio	Requisitos		Normas a utilizar
	Mín.	Máx.	
Sólidos por massa, %	97	-	PETROBRAS N-1367
Sólidos por volume, %	95	-	PETROBRAS N-1358
Massa específica, g/cm <sup>3</sup>	-	1,6	ASTM D 1475
Descaimento, µm	400		ABNT NBR 12103
Ponto de fulgor, °C comp. A	100	-	ISO 3680
Ponto de fulgor, °C comp. B	66	-	ISO 3680
Tempo de vida útil ( <i>Pot-life</i> ), min	45	-	ABNT NBR 15742
Tempo de secagem livre de pegajosidade, h	-	12	ASTM D 1640
Tempo de secagem à pressão, h	-	24	ASTM D 1640
Intervalo de repintura, h	-	24	ASTM D 1640

As características da película seca das tintas Tipo I, II e III estão estabelecidas na tabela 4.

Tabela 4 – Características da película seca

Ensaio	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Requisitos		Normas a utilizar
				Mín.	Máx.	
Célula Atlas @ 40 °C, h (ver Nota 1)	X			2000	-	ASTM C 868
Célula Atlas @ 60 °C, h (ver Nota 1)		X		2000	-	ASTM C 868
Célula Atlas @ 80 °C, h (ver Nota 1)			X	2000	-	ASTM C 868
Autoclave a 150 °C, h (ver Notas 1 e 2)	X			1000	-	NACE TM 0185
Autoclave a 150 °C, h (ver Notas 1 e 2)			X	2000	-	NACE TM 0185
Resistência à abrasão. mg/1000 ciclos (ver nota 3)	X	X	X	-	70	ASTM D 4060
Descolamento catódico mm	X	X	X	-	10	ASTM G 8
Aderência à tração, MPa	X	X	X	15	-	ABNT NBR 15877 ou ASTM D 4541
Resistência à URA 100 %, h	X	X	X	2000	-	ASTM D 2247
Resistência à água destilada @ 40 °C, h	X	X	X	2000	-	ISO 2812-2
Resistência ao NaOH 30%, h	X	X	X	2000	-	ISO 2812-1
Resistência ao H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 40%, h	X	X	X	2000	-	ISO 2812-1
Resistência ao xileno, h	X	X	X	2000	-	ISO 2812-1
Resistência à nafta de coque, h	X	X	X	2000	-	ISO 2812-1
Resistência ao etanol combustível, h	X	X	X	2000	-	ISO 2812-1
Dobramento, sobre mandril cônico, % de alongação	X			7	-	ASTM D 522

Nota 1: a solução a ser utilizada deve ter a seguinte composição: 70.000 mg/L de íons cloreto, 21 g/L de acetato de sódio tri-hidratado, pH inicial igual à 5,0, ajustado com ácido clorídrico.

Nota 2: a fase gasosa deve ser composta por 96% de CO<sub>2</sub> e 4% de H<sub>2</sub>S e, ao longo do ensaio, sua pressão deve ser mantida suficientemente acima da pressão de vapor da água a 150°C, para evitar que a água entre em ebulição.

Nota 3: o ensaio de resistência à abrasão deve ser efetuado utilizando rebolo do tipo CS-17, com carga de 1 kg.

### Aplicação do revestimento em planta

Para a segunda etapa, qualificação em planta, foram utilizadas tintas epóxi *novolac* já qualificadas conforme N-2912. Visando garantir a qualidade do revestimento aplicado em tubo, nas condições operacionais e de instalação, todo o sistema é submetido a uma bateria de testes de qualificação. A qualificação em planta foi realizada de acordo com os requisitos descritos na Tabela 5 que é indicada na Norma PETROBRAS N-2843. Em um primeiro momento, qualificaram-se tintas de um fabricante: tinta epóxi *novolac* Tipo I atendendo às condições 1 e 2 da N-2843 e tinta epóxi *novolac* Tipo II atendendo à condição 3 da N-2843.

Na fase de qualificação do procedimento de aplicação, 5 tubos inteiros devem ser revestidos, em conformidade com o procedimento de aplicação e, em cada um deles, devem ser realizados e registrados todos os ensaios e inspeções. A empresa aplicadora escolheu para essa qualificação, tubos de 762 mm de diâmetro e 12,7 mm de espessura.

### Preparo de superfície

A superfície interna dos tubos deve estar livre de graxa, óleo, gordura, rebarbas ou camadas de óxido solto e demais materiais estranhos. Quando a superfície apresentar contaminação com óleo, graxa ou gordura deve ser limpa com solvente recomendado pelo fabricante.

A contaminação por sais solúveis deve ser verificada de acordo com a NACE Nº 5/ SSPC-SP 12, e o valor máximo de contaminante aceitável é de  $2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ , medidos por instrumento eletrônico. A medição utilizando método eletrônico é ilustrada conforme figuras abaixo:



Figura 1 – Equipamento para medição de sais solúveis



Figura 2 – Execução do ensaio

Os tubos utilizados na qualificação apresentaram teores de sais solúveis inferiores a  $2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ , estando de acordo com o especificado na Norma N-2843.

A superfície a ser revestida deve ser submetida a jateamento executado por um equipamento turbinado, pressurizado ou similar, utilizando granalhas de aço, até chegar ao metal quase branco, segundo a NACE No. 2/SSPC-SP 10 ou, no mínimo, a uma das gravuras Sa 2½ da ISO 8501-1. Não devem ser executados trabalhos de jateamento quando a temperatura da superfície estiver acima do ponto de orvalho, ou quando a umidade relativa for maior do que 85 %.

O perfil de rugosidade deve ser de  $50 \mu\text{m}$  a  $100 \mu\text{m}$  medido utilizando-se o método “Replica Tape” (“Press-o-Film” ou similar) ou método eletrônico e, neste caso, considerando-se o parâmetro  $RZ_{\text{DIN}}$ . Devem ser realizadas 3 medições em cada extremidade, defasadas de  $120^\circ$  entre si, e os resultados devem estar entre  $50 \mu\text{m}$  e  $100 \mu\text{m}$ .



Figura 3 – Medição de rugosidade (“replica-tape”)



Figura 4 – Valor de rugosidade (micrômetro)

Na qualificação, os tubos apresentaram grau de preparação de no mínimo, Sa 2 ½ e o perfil de rugosidade medido ficou entre 50 µm e 100 µm, conforme solicitado na N-2843. A contaminação da granalha deve ser verificada conforme a ABNT NBR 15221. Na amostra coletada não se observou qualquer contaminação do abrasivo por óleo ou graxa.

A superfície jateada deve ser limpa com aspirador ou ar comprimido limpo e seco, de modo a remover toda a granalha e poeira. A superfície jateada do tubo deve estar isenta de contaminação por pó, que não deve exceder o padrão da Figura 2, conforme a ISO 8502-3. Não foi excedido o padrão da Figura 2.



Figura 5 – Contaminação da granalha.



Figura 6 – Contaminação por pó.

### Aplicação do revestimento

A aplicação das tintas *novolac* Tipo I, II e III são definidas de acordo com a condição. Para condição 1, adota-se revestimento com finalidade de redução de atrito e destinado a tubos para construção de gasodutos no transporte de gás natural não corrosivo. Reduzir rugosidade proporciona melhores condições de fluxo. Neste caso deve aplicar demão única da tinta epóxi *novolac*, PETROBRAS N-2912, Tipo I, por meio de pistola centrífuga ou sem ar. A espessura mínima de película seca deve ser de 130 µm.

Para a condição 2, adota-se revestimento com finalidade de minimizar possíveis contaminações do produto transportado, destinados a tubos para construção de oleodutos no transporte de produtos, tais como: Querosene de Aviação (QAV), Gasolina de Aviação (GAV), etanol e etilenoglicol. Neste caso, deve-se aplicar demão única da tinta epóxi *novolac*, PETROBRAS N-2912, Tipo I, por meio de pistola centrífuga ou sem ar. A espessura mínima de película seca deve ser de 270 µm.

Para a condição 3, adota-se revestimento com função anticorrosiva e destinado a tubos para a construção de dutos (oleodutos, gasodutos ou aquedutos) e tubulações industriais. Neste caso, deve-se aplicar demão única da tinta epóxi *novolac*, PETROBRAS N-2912 por meio de pistola centrífuga ou sem ar. A espessura mínima de película seca deve ser de 400 µm a 500 µm.

Não deve ser aplicada tinta em superfícies metálicas cuja temperatura seja inferior à temperatura de ponto de orvalho + 3 °C ou em superfícies com temperatura superior a 52 °C.

Não deve ser feita nenhuma aplicação de tinta em tempo de chuva, nevoeiro ou bruma ou quando a umidade relativa do ar for superior a 85 %, nem quando haja expectativa deste valor ser alcançado.

### **Inspeção do produto aplicado**

As inspeções e ensaios, realizados no revestimento e em painéis de teste fixados no interior dos tubos devem atender à Tabela 5.

Tabela 5 – Inspeção e Testes no Sistema de Revestimento

<b>Inspeção</b>	<b>Critério/Item</b>	<b>Método de Ensaio</b>
Inspeção Visual do Revestimento	ver nota 1	ABNT NBR 14847
Espessura da película seca	ver nota 2	ABNT NBR 10443
Rugosidade do revestimento (ver nota 3)	ver nota 4	ver nota 4
Ensaio de descontinuidade	Sem descontinuidade	PETROBRAS N-13 e N-2137
Dobramento a 2,5° PD a 23°C± 2°C	Sem trincas	ISO 21809-2
Aderência (ver nota 5)	12 MPa	ABNT NBR 15877, Anexo A.2 ou ASTM D 4541, Método D – Equipamento Tipo IV
Dureza Shore D (T = 1 s)	Mín. 60	ASTM D 2240

*Nota 1 Havendo defeitos no revestimento, o tubo defeituoso deve ser totalmente repintado, caso tais defeitos correspondam a uma área maior que 1% da área total interna do tubo.*

*Nota 2 Deve estar de acordo com a condição a ser utilizada.*

*Nota 3 Ensaio realizado para a condição 1.*

*Nota 4 A máxima rugosidade deve ser no máximo 7µm. Rq é a raiz quadrada da média aritmética do quadrado dos desvios do perfil da linha média.*

*Nota 5 O valor da tensão de ruptura não deve ser inferior a 12 MPa e não são aceitas falhas de natureza adesiva ao substrato (A/B)*

### **Resultados e discussão**

Na qualificação em planta, os requisitos do revestimento aplicado devem estar de acordo com o descrito na Tabela 5. Estes ensaios são indicados na norma N-2843.

### **Inspeção Visual**

Foi realizada inspeção visual em cada demão de tinta a fim de identificar possíveis falhas e/ou defeitos na superfície interna do tubo durante a aplicação e após a exposição.



Figura 7 – Tubo revestido em planta - condição 1



Figura 8 –Tubo revestido após cura total



Figura 9 – Tubo revestido – condição 3



Figura 10 – Tubo revestido após cura total

Não foram identificadas falhas durante e após a aplicação da tinta epóxi *novolac* Tipo I e Tipo II.

### **Espessura da película seca**

A medição de espessura, executada conforme Norma ABNT NBR 10443, foi realizada após decorrido, pelo menos, o tempo mínimo de secagem para repintura. A espessura mínima é especificada de acordo com a finalidade do sistema de pintura. Durante a aplicação do revestimento, a espessura de película úmida deve ser acompanhada, de modo a evitar variações inaceitáveis na espessura de película seca.

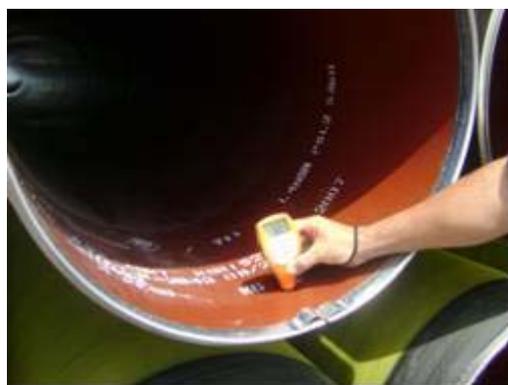


Figura 11 – Medição de espessura do revestido

A espessura da tinta estava de acordo com o especificado pela norma N-2843. Abaixo, segue uma tabela com alguns valores de espessuras medidas nos tubos da qualificação:

Tabela 6 – Valores de Espessura da Película Seca

Tipo	Condição	Medição de espessura (µm)										
		I	1	145	173	169	165	160	166	144	180	185
I	2	280	293	302	301	275	280	295	286	299	300	288
II	3	453	437	473	438	449	435	449	435	457	473	447

### Rugosidade do Revestimento

Este requisito é solicitado em revestimentos com finalidade de redução de atrito. A máxima rugosidade da película seca deve ser de 7 µm, considerando o parâmetro Rq. Rq é a raiz quadrada da média aritmética do quadrado dos desvios do perfil (Yi) da linha média:

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Yi^2}$$

N: Número de leituras;

Yi: Desvio do perfil de rugosidade da linha média



Figura 12 – Rugosidade da pintura

A rugosidade da tinta aplicada foi inferior a 7 µm. Realizou-se média de 3 amostras, e o valor foi de 1,64 µm. Este requisito foi solicitado apenas para a condição 1, no qual aplicou-se tinta epóxi *novolac* Tipo I com espessura mínima de película seca de 130 µm.

### Ensaio de descontinuidade

O teste de descontinuidade deve ser efetuado após tempo máximo de secagem para repintura da tinta utilizada na última demão, devendo ser executada em 100% da área. A verificação de continuidade da película foi realizada por meio de um detector de descontinuidade de tensão constante (67,5 V) e via úmida (*holiday detector*). Deve-se passar a esponja (celulose) do aparelho detector em toda a superfície revestida com velocidade menor que 20 cm/s. A superfície examinada não deve apresentar descontinuidades.



Figura 13 – Inspeção por Holiday detector



Figura 14 – Inspeção de descontinuidade

Não foi detectada descontinuidade no revestimento aplicado nos tubos.

### Dobramento

Os equipamentos utilizados para verificar a flexibilidade do revestimento interno consiste basicamente de prensa hidráulica e mandril com raio fixo. O corpo de prova é retirado do próprio tubo revestido, com as seguintes dimensões: espessura do tubo x largura de 25 mm x comprimento mínimo de 200 mm (paralelo ao eixo do tubo). O raio do mandril corresponde ao ângulo de 2,5 °PD conforme ISO 21809-2 e o revestimento não deve apresentar trincas.

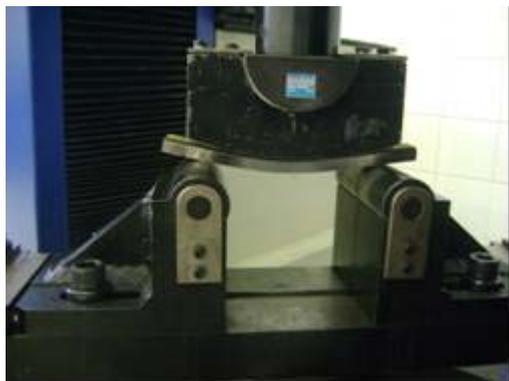


Figura 15 – Ensaio de dobramento



Figura 16 – Verificação de trincas

Após o dobramento dos CP's, não se verificaram trincas no revestimento. Além da inspeção visual, realizou-se ensaio de descontinuidade na superfície a fim de detectar possíveis *holidays*.

### Aderência

O ensaio de aderência deve ser executado após decorrido o tempo de cura total do esquema de pintura e ser executado conforme ASTM D 4541 utilizando equipamento Tipo IV – Método D ou norma ABNT NBR 15877, Anexo A.2. A aderência do revestimento deve ser de no mínimo 12 MPa e não são aceitas falhas de natureza adesiva A/B. Este ensaio pode ser realizado em corpo-de-prova retirado do próprio tubo ou em réplicas posicionadas na superfície interna do tubo.



Figura 17 – Ensaio de aderência *pull-off*

A aderência do revestimento foi superior a 12 MPa e nenhuma falha de natureza adesiva A/B foi constatada. Seguem abaixo resultados de aderência *pull-off* dos revestimentos aplicados em planta.

Tabela 7 – Resultados de Aderência

Tipo	Condição	Resultado (MPa)			Tipo de Falha		
I	1	12,2	13,5	13,5	B	Y	Y
I	2	13	14	13	Y/Z	Y/Z	Y/Z
II	3	14	14,5	13	Y	Y/Z	Y/Z

## Dureza

O ensaio de dureza do revestimento deve ser realizada conforme ASTM D 2240. Este método é baseado na penetração de um tipo específico de indutor utilizando a escala *Shore D* no tempo de 1s. A dureza deve ser de no mínimo 60 *shore D* (t=1s).



Figura 18 – Ensaio de Dureza

A dureza *Shore D* do revestimento foi superior ao especificado pela N-2843. Seguem abaixo resultados referentes ao processo de qualificação.

Tabela 8 – Resultados de Dureza *Shore D*

<b>Tipo</b>	<b>Condição</b>	<b>Resultado Dureza Shore D</b>
I	1	84,25
I	2	78,5
II	3	77,5

## Conclusões

1 – A tinta epóxi “Novolac”, após os ensaios descritos neste trabalho, apresentou resultado de superior resistência química, térmica e mecânica quando comparada com as tintas especificadas atualmente;

2 – A tinta epóxi “Novolac” passou a ser referenciada, dentre outras normas PETROBRAS, na norma N-2843 como solução anticorrosiva;

3 – A execução dos ensaios de qualificação e a análise de seus resultados mostraram que o emprego dessa tinta na superfície interna de tubos trouxe ganhos significativos de qualidade e desempenho anticorrosivo. Mostrou-se, ainda, possuir uma excelente aplicabilidade neste tipo de equipamento;

4 – Este trabalho mostrou que a tinta epóxi “Novolac” pode vir a ser empregada em diversos meios agressivos, proporcionando maior flexibilidade na operação de dutos, maior otimização nas especificações técnicas e na logística do transporte dutoviário.

5 - Garantia de uma maior vida útil em operação.