

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).

Uso de Tecnologias de Proteção Anticorrosiva para Pontos Críticos na Preservação da Integridade de Instalações Marítimas de Produção.

Álvaro Antônio Terra Martins da Silva^a, Renato de Mello Brandão Horta^b,
Foluke Salgado de Assis^c.

Abstract

This paper will address alternatives for corrosion critical areas of equipment, piping and structures located in regions of maritime atmospheric production units protection, complementing the application for industrial painting, since these areas as requiring particular attention, especially when the integrity whether to extend the life. The paint coatings are easy to apply, cost-competitive compared to others, and can be highly effective in protecting against corrosion. Despite all these advantages in many applications located in these points paint fails prematurely in some regions of complex geometries by the lack of effective protection, considered critical, such as flanged, threaded, welded, crevice among other unions. Special technologies are used in the coating of the critical points, complementing the protection painting. In the selection of these particular technologies should be considering their specific characteristics with respect to temperature resistance and tolerance to humidity, the condition of the substrate (dry, damp or condensation with intermittent or permanent), the tolerance type of treatment surface to be adopted, ease of application and resistance to the action of the sun's UV rays .

Keywords: alternative materials, anticorrosive paint, critical regions, anticorrosive coating

^a Engenheiro de Petróleo Sênior - Petróleo Brasileiro S.A.

^b Engenheiro de Equipamentos Pleno - Petróleo Brasileiro S.A.

^c Estagiário - Petróleo Brasileiro S.A.

Resumo

O presente trabalho irá abordar alternativas para proteção anticorrosiva de áreas críticas de equipamentos, tubulações e estruturas, localizados em regiões atmosféricas das unidades marítimas de produção, complementando a aplicação por pintura industrial, já que áreas como estas requerem atenção especial com relação à integridade, principalmente quando se pretende estender a vida útil. Os revestimentos por tintas são de fácil aplicação, de custo competitivo em relação a outros e podem ser altamente eficientes na proteção contra a corrosão. Apesar de todas essas vantagens, em muitas aplicações, a pintura falha prematuramente em algumas regiões de geometrias complexas pela falta de uma proteção eficaz nestes pontos localizados, considerados críticos, tais como: uniões flangeadas, roscadas, soldadas, frestas dentre outras. Tecnologias especiais são utilizadas no recobrimento dos pontos críticos, complementando a proteção por pintura. Na seleção destas tecnologias especiais, devem ser observadas suas características específicas, com relação à resistência à temperatura, bem como a tolerância à umidade, ao estado do substrato (secos, úmidos ou com condensação intermitente ou permanente), a tolerância ao tipo de tratamento de superfície a ser adotado, facilidade na aplicação e resistência à ação dos raios UV do sol.

Palavras-chave: materiais alternativos, tinta anticorrosiva, regiões críticas, revestimento anticorrosivo.

1. Introdução

Nas unidades marítimas de produção, a corrosão se torna mais acentuada devido ser um ambiente altamente corrosivo em função da atmosfera salina e presença de alta umidade. A atmosfera marinha situa-se sobre o mar e na orla marítima (até 500 metros da praia), com ventos predominantes em direção à estrutura marítima e umidade relativa do ar média acima de 60% com predominância de valores superiores a 75%. Sobre a plataforma marítima de produção, existem equipamentos que trabalham a uma temperatura relativamente elevada, onde suas superfícies quentes têm sua agressividade variável de acordo com a temperatura e com condições de operação. Na faixa de 80 a 100°C tem-se alguma condensação de umidade onde ocorre corrosão eletroquímica, acima de 100°C não ocorre corrosão, ou seja, a

corrosividade é desprezível. O caso mais crítico é a alternância de temperaturas, exigindo do revestimento aplicado uma flexibilidade sem a formação de trincas que deixem passar os agentes agressivos para o substrato. A atmosfera que atua sobre instalações marítimas é uma atmosfera altamente agressiva. Torna-se necessária a utilização de revestimento ou camada organometálica e dentro dessa necessidade, o mesmo deve apresentar elevado grau de integridade, conseguida através de uma tecnologia correta de proteção e de uma contínua avaliação das suas propriedades de desempenho e aplicação. Um dos revestimentos mais utilizados é a tinta devido ao fato de atingir completamente suas duas funções precípuas – proteção e estética. A tinta é composta basicamente de uma parte volátil, os solventes, e de uma parte sólida, constituída por pigmentos, cargas e os veículos ou resinas, ou melhor, dos componentes residuais após a perda ou a evaporação do solvente. Contudo, a proteção anticorrosiva utilizando só pintura não é eficiente em peças que apresentam regiões complexas, denominadas regiões críticas, devido ao fato que as tintas, por serem constituídas por resinas com limitada flexibilidade, como epóxi e poliuretano, não conseguem acompanhar a dilatação e retração do aço ao ser submetido ao gradiente térmico ocasionando trincas que deixam passar os agentes agressivos, principalmente íons cloreto para o substrato iniciando-se o processo de corrosão. As tecnologias especiais na área de revestimentos utilizadas para proteção de regiões críticas, de uma forma geral, possuem elevada espessura e conseqüentemente maior proteção por barreira e alta flexibilidade o que possibilita acompanhar a dilatação ou retração do material metálico a ser protegido.

2. Aplicação das Tecnologias Especiais nas Plataformas Marítimas da Bacia de Campos

2.1 Polímeros Termoplásticos com Inibidor de Corrosão

Para aplicação desta tecnologia, ao invés de lidar individualmente com as muitas causas de corrosão, o polímero termoplástico utiliza uma abordagem do sistema como um todo, proporcionando uma barreira e um ambiente no qual o processo corrosivo não possa se desenvolver. O termoplástico inibe a corrosão encapsulando o substrato alvo em uma perfeitamente e ajustada camada protetora exterior. A seguir são listados locais considerados como regiões críticas, onde a tecnologia com base de polímeros termoplásticos com inibidor de corrosão é aplicável:

a) Uniões flangeadas e válvulas em todos os diâmetros, incluindo parafusos e porcas metálicas, conforme especificação abaixo:

a.1) Flanges e válvulas com diâmetro até 4”.

a.2) Flanges e válvulas com diâmetro superior a 4”.

b) Cordões de solda a montante e a jusante de válvulas flangeadas e flanges.

c) Derivações de vent e dreno até 2" incluindo as válvulas.

A figura 1 mostra a utilização de revestimento constituído à base de polímeros termoplásticos com inibidor de corrosão.



Figura 1- Utilização do revestimento para proteção de uniões flangeadas

2.2 Resina à base de Silicone

A tecnologia compreende a resina à base de silicone como revestimento para flanges, válvulas, frestas e áreas de estagnação, sendo de fácil remoção e recomposição, o que

possibilita a intervenção para manutenção desses acessórios de tubulação sem comprometer a ação anticorrosiva. A seguir são listados locais considerados como regiões críticas, onde a tecnologia de resina à base de silicone é aplicável:

a) Flanges e válvulas em todos os diâmetros, incluindo parafusos e porcas metálicas, conforme especificação abaixo:

a.1) Flanges e válvulas com diâmetro até 4"

a.2) Flanges e válvulas com diâmetro superior a 4".

b) Cordões de solda a montante e a jusante de válvulas flangeadas e flanges.

c) Derivações de vent e dreno até 2" incluindo as válvulas.

A figura 2 mostra a aplicação de revestimento constituído de resina à base de silicone em regiões críticas.



Figura 2 - Revestimento constituído de resina à base de silicone em união flangeada de válvula

2.3 Capas Poliméricas contendo Inibidor de Corrosão Volátil

Capas poliméricas contendo inibidor de corrosão sob a forma de gás tem a função de proteger substratos metálicos de diversos setores. São capas especialmente projetadas, impregnadas com fórmulas inibidoras de corrosão para fornecer proteção superlativa em uniões flangeadas, válvulas, juntas soldadas entre outras regiões consideradas críticas. A seguir são listados locais considerados como regiões críticas, onde a tecnologia com capas poliméricas contendo inibidor de corrosão volátil é aplicável:

- a) Uniões flangeadas e válvulas, incluindo parafusos e porcas metálicas, com diâmetros variando de ½” até 40”.
- b) Instrumentos.
- c) Outros acessórios de tubulações.

A figura 3 mostra o revestimento utilizando capas poliméricas contendo inibidor de corrosão volátil

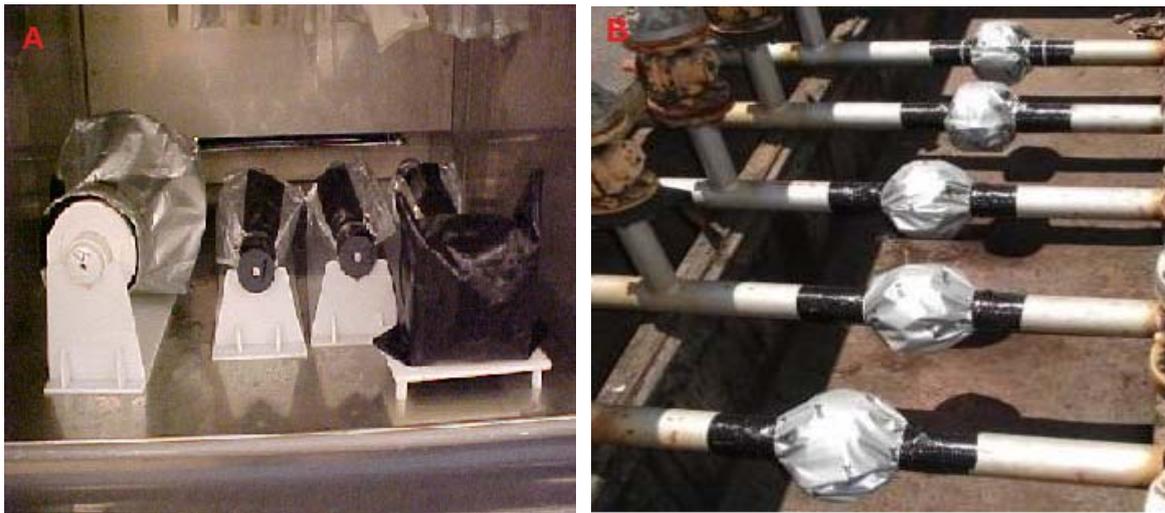


Figura 3- (a) Capa polimérica em ensaios de laboratório; (b) aplicação da capa polimérica em uniões flangeadas.

2.4 Revestimento Elastomérico Aplicado a Frio

O esquema de revestimento elastomérico foi desenvolvido para proporcionar excelente aderência e eficaz proteção anticorrosiva por barreira, formulado com polímeros de última geração e combinado com aditivos que garantem propriedades de proteção anticorrosiva e impermeabilização metálica e de concreto, especialmente indicado para atmosferas poluídas e marítimas. A seguir são listados locais considerados como regiões críticas, onde a tecnologia de revestimento elastomérico é aplicável:

- a) Uniões flangeadas e válvulas em todos os diâmetros, incluindo parafusos e porcas metálicas.
- b) Vedação de frestas em estruturas metálicas.
- c) Berços e suportes metálicos.

- d) Colunas, vigas, pedestais e bases de equipamentos com apoio metálico ou em concreto.
- e) Cordões de solda.
- f) Estruturas e colunas em concreto e alvenaria.
- g) Nós de estruturas metálicas treliçadas.
- h) Chapas de reforços estruturais.
- i) Junção de materiais dissimilares, evitando corrosão galvânica.
- j) Fixação de targets de alumínio para escaneamento a laser.

A figura 4 mostra a aplicação do revestimento elastomérico aplicado a frio em uniões flangeadas



Figura 4 - Revestimento elastomérico em regiões críticas.

2.5 Fita Anticorrosiva à Base de Hidrocarbonetos contendo Microcristais de Cera

A fita anticorrosiva é um produto que pode ser aplicado manualmente sem a necessidade do uso de ferramentas específicas, sendo produzido em duas versões: aplicação para regiões enterradas e outra para aplicação em regiões aéreas. A versão do produto para aplicação em regiões aéreas, caso da área offshore, possui resistência aos UV, sendo também adequada para locais sujeitos à condensação permanente ou intermitente, desde que seja aplicado sobre a superfície ainda seca. A seguir são listados locais considerados como regiões críticas, e onde a fita pode ser aplicável:

a) Flanges e válvulas em todos os diâmetros, incluindo parafusos e porcas metálicas, conforme especificação abaixo:

- a.1) Flanges e válvulas com diâmetro até 4" (inclusive).

- a.2) Flanges e válvulas com diâmetro superior a 4”.
- b) Cordões de solda a montante e a jusante de válvulas flangeadas e flanges.
- c) Derivações de vent e dreno até 2" incluindo as válvulas.
- d) Tubos e *spools*.

A figura 5 mostra a aplicação do revestimento utilizando fita anticorrosiva à base de hidrocarbonetos contendo microcristais de cera



Figura 5 - Fita anticorrosiva à base de hidrocarbonetos contendo microcristais de cera aplicado em uniões flangeadas.

3. Resultados e discussão

Todas as tecnologias de proteção anticorrosiva para pontos críticos foram testadas e homologadas pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo A. Miguez de Mello (CENPES). Essas tecnologias foram aplicadas na preservação da integridade de instalações marítimas de produção.

3.1 Polímeros Termoplásticos com Inibidor de Corrosão

A figura 6 mostra o processo de teste utilizado para aprovação do revestimento pelo CENPES. O flange foi revestido com o material e testado em uma câmara de exposição à névoa salina

num período de 11688 horas e decorrido o tempo de exposição, foram realizadas a remoção do revestimento e a observação visual dos corpos de prova.

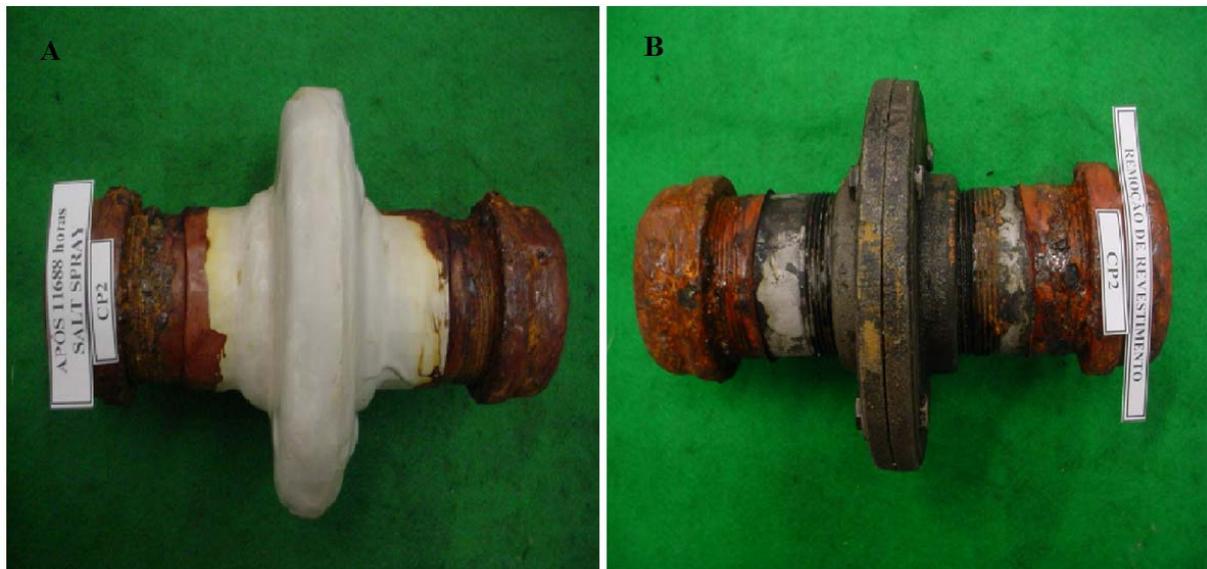


Figura 6 – (a) flange com a proteção do revestimento após o ensaio e (b) flange após a retirada do revestimento.

Ficou evidenciado que o revestimento termoplástico é de fácil remoção e não apresentou aderência ao substrato, atendendo os requisitos de aplicação previstos e devido ao fato do polímero conter inibidor de corrosão, os agentes corrosivos não avançaram sobre a peça, o que evidencia as boas propriedades de barreira do revestimento, podendo ser utilizado na proteção de uniões flangeadas, válvulas e outras estruturas sujeitas a condições de fresta. A figura 7 mostra a aplicação do revestimento em uma plataforma de produção do tipo semissubmersível pertencente ao campo de Marlim, na bacia de Campos.



Figura 7 – (a) flange do sistema de combate a incêndio e (b) proteção de flange do lançador de PIG.

3.2 Resina à Base de Silicone

A figura 8 mostra o processo de teste utilizado para aprovação do revestimento no CENPES. Pode-se observar o aspecto geral do flange após a remoção do revestimento e detalhe dos parafusos. O corpo de prova foi submetido ao ensaio de névoa salina, por um período de 8760 horas.

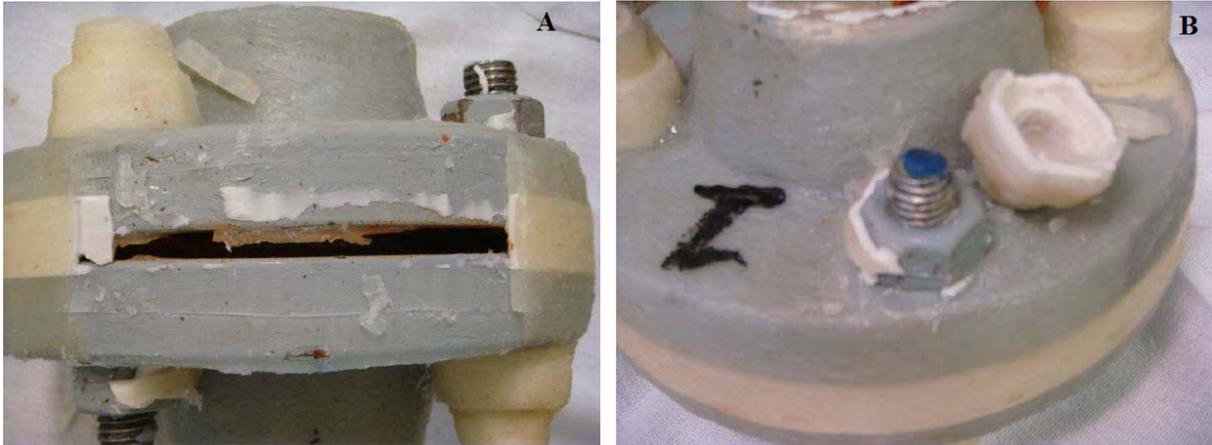


Figura 8 – (a) aspecto geral do corpo de prova após o ensaio e (b) detalhe do aspecto do parafuso do corpo de prova após o ensaio.

A figura 9 mostra a aplicação do revestimento tendo como material, resina à base de silicone, em um navio-plataforma de produção.



Figura 9 – (a) uniões flangeadas desprotegidas de revestimento e (b) uniões flangeadas após a aplicação do revestimento.

O revestimento anticorrosivo com resina a base de silicone apresentou bom desempenho para proteção de regiões críticas nas plataformas de produção. Como mostrado na figura acima, o revestimento protegeu o material de forma que se pode observar uma ação altamente aderente e resistente aos raios ultravioleta, não permitindo a ação dos agentes corrosivos. O revestimento se trata de uma barreira, eficiente à passagem de umidade e oxigênio inibindo o processo de oxidação em superfícies ferrosas além de possuir excelente aparência estética e ser composto por uma solução que mantém porcas e estojos permanentemente lubrificados.

3.3 Capas Poliméricas contendo Inibidor de Corrosão Volátil

A figura 10 mostra o processo de teste utilizado para aprovação das capas poliméricas pelo CENPES. São mostradas uniões flangeadas protegidas com capas poliméricas contendo inibidor de corrosão em um ensaio acelerado de corrosão onde foram utilizados ciclos com H_2S , SO_2 e CO_2 e outras misturas tornando a atmosfera extremamente corrosiva.



Figura 10 – (a) câmaras de ensaio de umidade e temperatura com acelerada corrosão e (b) uniões flangeadas após o ensaio.

Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios onde ficou bem visível a eficiência da proteção anticorrosiva utilizando-se capas poliméricas contendo inibidor de corrosão volátil estando apta a ser aplicada em instalações marítimas de produção. A figura 11 mostra a aplicação em campo das capas poliméricas em um navio-plataforma de produção.



Figura 11 – (a) proteção em uniões flangeadas do vaso separador e (b) utilização de capas poliméricas em válvulas de retenção

Diante dos resultados obtidos tanto em laboratório quanto na aplicação no campo, a utilização de capas poliméricas como proteção em pontos críticos alcançou os objetivos esperados de proteção anticorrosiva.

3.4 Revestimento Elastomérico Aplicado a Frio

A figura 12 mostra o processo de teste realizado para aprovação pelo CENPES do revestimento elastomérico. O flange foi revestido com o material e testado em câmara de exposição de névoa salina e umidade relativa a 100% num período de 3000 horas e decorrido o tempo de exposição, foram realizadas a remoção do revestimento e a observação visual dos corpos de prova.

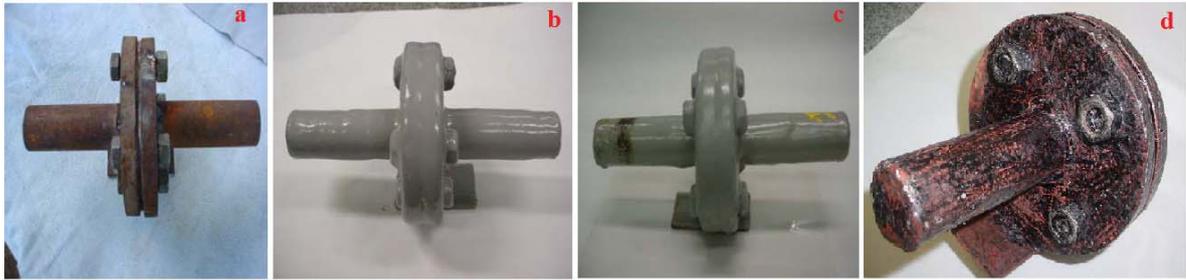


Figura 12 – (a) antes do revestimento, (b) após aplicação do revestimento, (c) após o ensaio e (d) após a remoção do revestimento.

O mecanismo de atuação anticorrosivo é predominantemente o de barreira. Pode se evidenciar que o flange apresentou boa resistência aos meios corrosivos ensaiados, evitando o aparecimento de processos de corrosão nos protótipos. A figura 13 mostra a aplicação do revestimento elastomérico em uniões flangeadas em plataforma de produção semissubmersível, onde ficou exposto às intempéries por mais de 6 anos com excelente desempenho após remoção e inspeção visual.

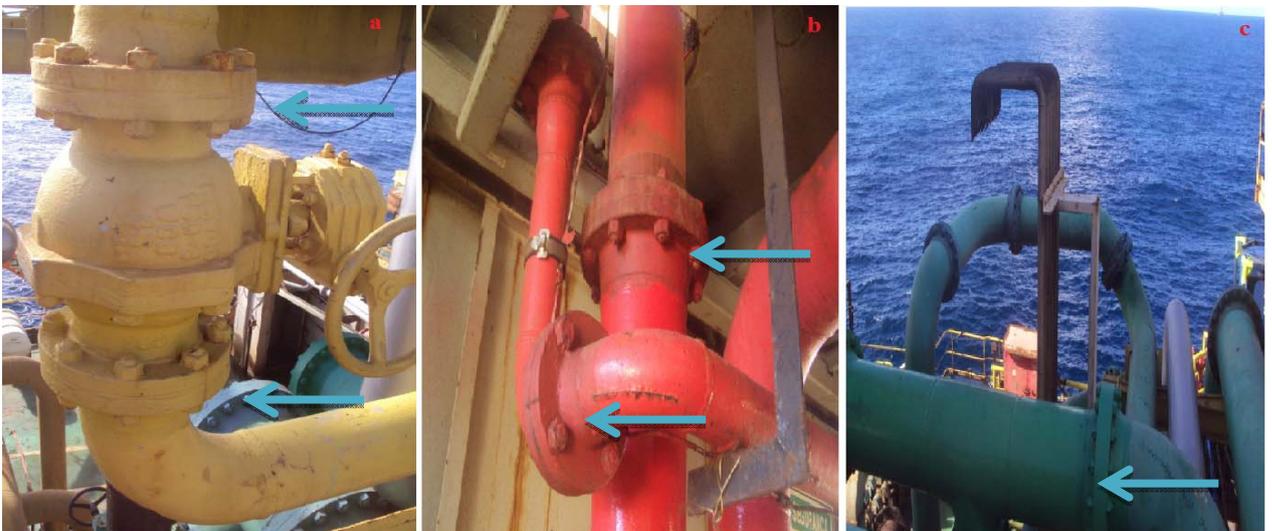


Figura 13 – (a) tubulação de gás, (b) tubulação de combate a incêndio e (c) tubulação de água industrial.

Com a utilização do revestimento elastomérico aplicado a frio nas regiões críticas presentes nas instalações marítimas de produção, obteve-se boa resistência ao intemperismo ajudando assim a garantir maior durabilidade da proteção anticorrosiva em áreas complexas.

3.5 Fita Anticorrosiva à Base de Hidrocarbonetos Contendo Microcristais de Cera

A figura 14 mostra o processo de teste realizado num flange para aprovação e homologação pelo CENPES. O flange foi revestido com o material e testado em câmara de névoa salina por um período de 8760 horas. Decorrido o tempo de exposição, foi realizada a remoção do revestimento e a observação visual do corpo de prova.



Figura 14 – (a) aplicação do primer (marrom) e da fita anticorrosiva (branca), (b) após ensaio, (c) processo de remoção do produto e (d) aspecto do corpo de prova após a remoção do produto.

No teste de exposição à névoa salina, o revestimento apresentou desempenho satisfatório, sem a constatação de pontos de oxidação na área revestida do corpo de prova testado. O revestimento não possui boa aderência ao substrato, sendo de fácil remoção quando se fizer necessária intervenção para manutenção. Por outro lado, como o material protege da corrosão exclusivamente por barreira, em caso de dano mecânico ao revestimento, poderá ocorrer corrosão sob o mesmo.

A figura 15 mostra a aplicação da fita anticorrosiva à base de hidrocarbonetos contendo microcristais de cera em união flangeada em uma plataforma fixa de produção.



Figura 15 – (a) união flangeada desprotegida, (b) união flangeada com aplicação da fita anticorrosiva.

Com a utilização da fita anticorrosiva à base de hidrocarbonetos contendo microcristais de cera nas regiões críticas presentes nas instalações marítimas de produção, obteve-se boa resistência ao intemperismo ajudando assim a garantir maior durabilidade da proteção anticorrosiva em áreas críticas.

Com base nos resultados obtidos em laboratório e no campo, a tabela 1 mostra o agrupamento das tecnologias em função de sua aplicação:

Tabela 1 – Agrupamento de tecnologias especiais para proteção de regiões críticas em função de sua aplicação

Tecnologias / Aplicação	Polímeros Termoplásticos com Inibidor de Corrosão	Resina à base de Silicone	Capas Poliméricas Contendo Inibidor de Corrosão Volátil	Revestimento Elastomérico Aplicado a Frio	Fita Anticorrosiva à Base de Hidrocarbonetos contendo Microcristais de Cera
Proteção de tomadas, vents e drenos em sistemas de tubulações.	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM

Tecnologias / Aplicação	Polímeros Termoplásticos com Inibidor de Corrosão	Resina à base de Silicone	Capas Poliméricas Contendo Inibidor de Corrosão Volátil	Revestimento Elastomérico Aplicado a Frio	Fita Anticorrosiva à Base de Hidrocarbonetos contendo Microcristais de Cera
Proteção de uniões flangeadas em sistemas de tubulações.	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Proteção de válvulas em sistemas de tubulações	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Proteção de bordas de abas de vigas.	NÃO	SIM	NÃO	SIM	NÃO
Regiões críticas específicas do tipo frestas	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO

A tabela 2 apresenta condições operacionais específicas das tecnologias especiais para proteção de regiões críticas.

Tabela 2 – Condições operacionais específicas das tecnologias especiais para proteção de regiões críticas

	Polímeros Termoplásticos com Inibidor de Corrosão	Resina à Base de Silicone	Capas Poliméricas contendo Inibidor de Corrosão Volátil	Revestimento Elastomérico Aplicado a Frio	Fita Anticorrosiva à Base de Hidrocarbonetos contendo Microcristais de Cera
Temperatura mínima de aplicação (°C)	160	10	1	5	-40
Temperatura máxima de aplicação (°C)	175	90	55	80	60
Tratamento mínimo de superfície do substrato	St-2	St-2	Remoção de material solto	St-2	St-2
Resistência mecânica	Baixa	Regular	Baixa	Regular	Baixa
Resistência à temperatura (°C)	5 a 80	-20 a 200	10 a 35	3 (acima do ponto de orvalho) a 90	-45 a 110
Mecanismo de proteção anticorrosiva	Barreira e inibidor	Barreira	Barreira e inibidor	Barreira	Barreira

4. Conclusões

A prevenção ou controle adequado dos processos de degradação provenientes da corrosão em regiões críticas, localizadas em meio atmosférico marítimo e industrial, é fundamental para a preservação da integridade das plataformas *offshore* de produção de óleo e gás. Por isso, foram explicitados neste trabalho os revestimentos anticorrosivos, por pintura industrial e os especiais, com suas respectivas propriedades físico-químicas e métodos de preparo de superfície e aplicação.

Vários métodos e produtos que apresentam características de, pelo menos, retardar o processo corrosivo estão sendo empregados na indústria petrolífera. Contudo nem sempre esses produzem os efeitos esperados e, mesmo que sejam, a princípio satisfatórios, ficam atrelados a custos altos que envolvem normalmente alocação de mão de obra especializada.

Como foi mostrado, o revestimento por pintura industrial falha prematuramente em algumas regiões de geometrias complexas, consideradas críticas, pela dificuldade de se cumprir todas as etapas do esquema de pintura utilizando-se os métodos adequados, além de ser constituído por resinas termorrígidas com limitada flexibilidade.

Baseado nisso, surge à necessidade da utilização de revestimentos especiais, com características e propriedades superiores para determinadas aplicações como sua constituição por resinas flexíveis, termoplásticas ou elastoméricas, que possibilitem uma proteção adequada e satisfatória para as regiões mais críticas sujeitas à corrosão.

Dessa forma, conclui-se que a utilização de revestimentos especiais adequados para regiões críticas é o método de proteção contra corrosão que apresenta até o momento melhores desempenhos e durabilidade, principalmente se aplicados desde a fase de projeto, construção e montagem, certamente acarretando em aumento da vida útil das instalações com reduções drásticas dos custos diretos e indiretos com manutenção, além das condições de segurança para os trabalhadores e para operação das unidades marítimas.

5. Referências bibliográficas

- (1) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus, West Conshocken, 2007.
- (2) RELATORIO TÉCNICO. Aplicação de tecnologia anticorrosiva em flange 2” da linha de incêndio na plataforma. Petrobras, 2012.
- (3) RELATORIO TÉCNICO. Aplicação de tecnologia anticorrosiva em flange 4” da linha de incêndio na plataforma. Petrobras, 2007.
- (4) RELATORIO TÉCNICO. Aplicação de tecnologia anticorrosiva em flange 4” do vaso V-533602 na plataforma. Petrobras, 2013.
- (5) RELATORIO TÉCNICO. Aplicação de tecnologia anticorrosiva em flange 12” da linha de incêndio na plataforma. Petrobras, 2012.