



Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

dossiê técnico

**Processamento de pintura
utilizado para conversão de
navios em Unidades
Flutuantes de Produção e
Estocagem (FPSO's)**

Informações sobre as tintas utilizadas em FPSO's

Jeferson Luiz Francisco, Marcelo Jasinski

Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro - REDETEC

Dezembro/2007

Edição atualizada em março/2022



Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

dossiê técnico

Processamento de pintura utilizado para conversão de navios em Unidades Flutuantes de Produção e Estocagem (FPSO's)

O Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT fornece soluções de informação tecnológica sob medida, relacionadas aos processos produtivos das Micro e Pequenas Empresas. Ele é estruturado em rede, sendo operacionalizado por centros de pesquisa, universidades, centros de educação profissional e tecnologias industriais, bem como associações que promovam a interface entre a oferta e a demanda tecnológica. O SBRT é apoiado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE e pelo Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação – MCTI e de seus institutos: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT.



TÊCPAR



FIERGS SENAI

Sistema FIEB IEL

SENAI



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PAÍS RICO E PAÍS SEM POBREZA

Dossiê Técnico	FRANCISCO, Jeferson Luiz; JASINSKI, Marcelo Processamento de pintura utilizado para conversão de navios em Unidades Flutuantes de Produção e Estocagem (FPSO's) Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro - REDETEC 1/12/2007
Resumo	[Durante o período de vida útil das Unidades Flutuantes de Produção e Estocagem FPSO's ocorre exposição à atmosfera marinha e são submetidas a diferentes meios corrosivos, o que implica na especificação de sistemas comprovadamente eficazes de proteção contra a corrosão. Quando se especifica um esquema de pintura, o objetivo primordial é a obtenção de excelente desempenho frente ao meio corrosivo. Na questão ambiental, o desempenho desse esquema exerce influência levando-se em consideração que, quanto menor o número de intervenções para manutenção de pintura, menor será a agressão ao meio ambiente. Diante do exposto, este dossiê terá como objetivo a apresentação de novos conceitos, procedimentos técnicos, análises técnicas e econômicas para pintura de FPSO's, com ênfase na proteção ambiental e saúde ocupacional a fim de proporcionar redução de custos.]
Assunto	CONSTRUÇÃO DE EMBARCAÇÕES E ESTRUTURAS FLUTUANTES
Palavras-chave	<i>Custos; embarcação; jateamento; petróleo; plataformas flutuantes; pintura; tintas</i>
Atualizado por	AMBROZINI, Beatriz



Sumário

1 INTRODUÇÃO	2
2 TINTAS.....	3
3 PREPARAÇÃO PARA A PINTURA	4
3.1 O PROBLEMA AMBIENTAL.....	5
3.2 PREVENÇÃO A SAÚDE	6
3.3 NOVAS METODOLOGIAS.....	6
3.4 O PROBLEMA DOS CLORETOS	8
4 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS.....	9
4.1 PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE	9
4.2 APLICAÇÃO DA TINTA	9
4.3 TINTA PRIMÁRIA.....	10
4.4 TINTA INTERMEDIÁRIA	10
4.5 TINTA DE ACABAMENTO.....	10
5 ANÁLISES TÉCNICAS	10
5.1 TINTAS EPÓXI SEM SOLVENTES.....	10
5.1.1 SISTEMAS EPÓXI-AMINAS AROMÁTICAS.....	11
5.1.2 SISTEMAS EPÓXI-AMINAS CICLOALIFÁTICAS.....	11
5.1.3 SISTEMAS EPÓXI-AMINAS ALIFÁTICAS MODIFICADAS.....	12
5.2 PINTURA DE PARTES NOVAS	12
6 SAÚDE OCUPACIONAL.....	13
7 REDUÇÃO DE CUSTOS.....	14

Conteúdo

1 INTRODUÇÃO

A sigla FPSO significa Plataforma Flutuante de Produção, Processamento, Estocagem e Escoamento de óleo e gás e vem do inglês *Floating Production, Storage and Offloading*.

Ainda há mais duas variações, a FPO (Floating Production and Offloading) - Unidades Flutuantes de Produção e Descarga e a FSU (Floating Storage Unity) - Unidades Flutuantes de Armazenamento.

Em geral são navios-plataforma de grande porte com capacidade para produzir, processar e/ou armazenar petróleo e gás natural, estando ancorados em um local definido. As maiores FPS's têm capacidade de processo em torno de 200 mil barris de petróleo por dia, com produção associada de gás de aproximadamente 2 milhões de metros cúbicos por dia.



Figura 1: Exemplo de FPSO
Fonte: PETROBRÁS.

Em seus conveses, são instaladas plantas de processo para separar e tratar os fluidos produzidos pelos poços. Depois de separado da água e do gás, o petróleo produzido pode ser armazenado nos tanques do próprio navio e/ou transferido para terra através de navios aliviadores ou oleodutos. O gás comprimido é enviado para terra através de gasodutos e/ou re-injetado no reservatório.

As atividades referentes a extração de petróleo e gás natural no Brasil são realizadas, quase que exclusivamente, pela Petrobrás. Segundo o portal da Petrobrás (<https://petrobras.com.br/pt/>), a empresa conta hoje com 17 plataformas do tipo FPSO em pleno funcionamento. A maioria delas está concentrada na Bacia de Campos que se estende do estado do Espírito Santo nas imediações da cidade de Vitória, até Arraial do Cabo, no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro e atualmente é responsável por aproximadamente 84% da produção nacional de petróleo.

2 TINTAS

A incrustação biológica marinha acarreta uma série de transtornos e prejuízos às atividades marítimas ou relacionadas ao mar, como a navegação, a aquicultura, a exploração de petróleo e o resfriamento de usinas termoeletricas.

Seu aparecimento provoca danos às estruturas submersas e causa diversos tipos de prejuízos econômicos, como por exemplo o aumento no consumo de combustível das embarcações por tornar a superfície dos cascos irregular e rugosa, aumentando assim o arrasto e diminuindo a velocidade de navegação.

Como forma de combater a incrustação, os cascos de navios e outras estruturas são pintados com tintas anti-incrustantes tendo como principal princípio ativo ou biocida o tributílo estanho, mais conhecido como TBT. Porém, o TBT é um poluente que causa severos danos à fauna e flora marinhas, sendo alvo de restrições em inúmeros países.

Como alternativa química ao uso do TBT pode optar-se por (1) pinturas convencionais a base de cobre (cobre metálico, óxido cuproso ou tiocianato cuproso), a qual apesar de sua menor performance, é consideravelmente menos tóxica do que o TBT, (2) pinturas a base

de cobre com resinas de autopolimento, onde compostos secundários, como zinco-piritiona ou cobre-piritiona, reforçam a ação biocida e (3) o uso de pinturas não tóxicas com o uso de Teflon, o qual evita ou minimiza a adesão de organismos quando a embarcação se encontra em movimento.

Nos últimos anos, devido ao apelo maior pela preservação ambiental, em alguns países foram criadas leis que regulamentam o teor de compostos orgânicos voláteis (VOC) presentes nas tintas. Outras substâncias também consideradas muito tóxicas tiveram sua utilização proibida ou restrita, como, por exemplo, zarcão, cromato de zinco, isocianatos, alcatrão-de-hulha e outros compostos betuminosos. Assim surgiram as tintas com classificação Low-VOC e No-VOC e mais recentemente tintas de base aquosa e em pó.

A alternativa que vem sendo considerada a mais promissora é o uso de biocidas naturais, e vários antiincrustantes naturais tem sido isolado dos mais diversos organismos marinhos, os quais incluem bactérias, esponjas, corais, ascídias e diversas algas (BURGESS *et al.*, 2003; TEIXERA, 2002).

O Brasil ainda carece de leis que regulamentem a fiscalização e utilização de tintas. Isso impede, de certa forma, o desenvolvimento de novas técnicas de pintura bem como de tecnologia; daí a necessidade de atrelá-lo a fatores de custo e desempenho.

3 PREPARAÇÃO PARA A PINTURA

O jateamento é um processo de preparação de superfícies que utiliza o impacto de partículas abrasivas movimentadas em alta velocidade sobre uma superfície, objetivando a remoção da pintura, ferrugem, e demais materiais contaminantes, deixando o substrato pronto para receber um novo tratamento superficial criando um perfil de rugosidade favorável à ancoragem do revestimento a ser aplicado após o jateamento. Dos muitos métodos utilizados, o jateamento abrasivo produz uma preparação de superfície mais uniforme e por isso, na maioria das vezes é o mais utilizado e também o mais econômico. O jateamento pode ser realizado das seguintes maneiras:

- **Jato de Partículas Abrasivas (Jateamento por Ar Comprimido)** - Quando se utiliza areia seca, este sistema gera muita poluição. Portanto, recomenda-se a utilização de granalha metálica, reduzindo assim uma alta porcentagem de partículas sólidas em suspensão. Através deste processo, não é possível obter uma rugosidade uniforme na superfície, devido ao jateamento ser realizado manualmente.
- **Jato de Areia Úmido (Jateamento por Ar Comprimido com adição de Água)** - Neste sistema mantém-se as mesmas características do jato de areia seco tradicional, mas com a vantagem de que a adição de água minimiza a poluição. Porém, é preciso a utilização de um inibidor de corrosão ou a secagem imediata para evitar oxidação prematura da superfície em caso de substratos de aço-carbono. O equipamento utilizado nos dois processos anteriormente mencionados é uma máquina de jato portátil (tanques de pressão), onde o abrasivo é armazenado. A capacidade do tanque pode variar de 90 a 720 litros e a produção varia, em média, de 5 a 12 m²/hora, dependendo do tipo de revestimento a ser removido.
- **Jateamento por Turbinas** - O abrasivo é projetado por forças radiais e tangenciais através da turbina e recuperado por processo magnético, retornando ao sistema. O pó gerado é recolhido por aspiração. Sendo um processo seguro e livre de contaminantes, não polui o ambiente e não há risco de causar problemas de saúde para o operador (por exemplo, Silicose) por não gerar partículas sólidas em suspensão. A grande vantagem é que através deste processo obtêm-se um excelente grau de limpeza e rugosidade uniforme, além da recuperação e limpeza simultânea do abrasivo. São utilizados equipamentos portáteis em instalações fixas que consistem em bombardear o substrato com milhares de esferas de aço (granalha) lançadas em altas velocidade (65 95 metros por segundo). A potência da turbina pode variar de 7,5HP a 20HP e a produção em pisos de concreto, varia de 60 m²/hora a 120 m²/hora.

3.1 O problema ambiental

Mesmo após a proibição em muitos estados brasileiros do uso do jateamento abrasivo com areia, a substituição por outros materiais não resolveu por completo o problema de geração de resíduos, já que as micropartículas geradas pelo choque se dispensam facilmente pelo ambiente.

Há ainda o problema da contratação de mão-de-obra extra para efetuar a descontaminação do local. A mesma condição se dá com relação ao uso de recursos mecânicos como os desencrustadores pneumáticos (marteletoes e agulheiros).



Figura 2: Demolição com marteleto.
Fonte: 6º COTEQ.

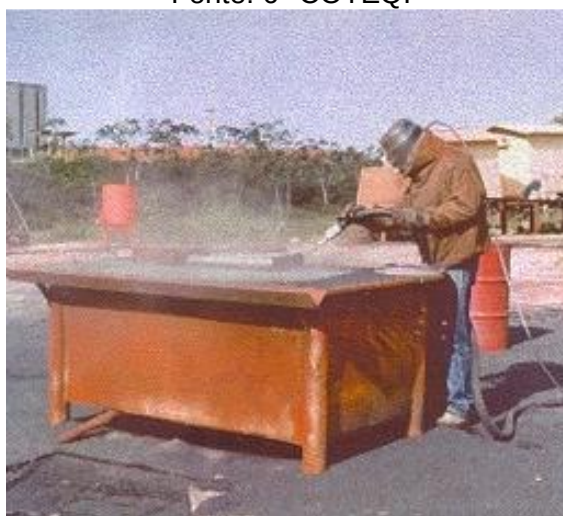


Figura 3: Resíduos de escória de cobre
Fonte: 6º COTEQ.

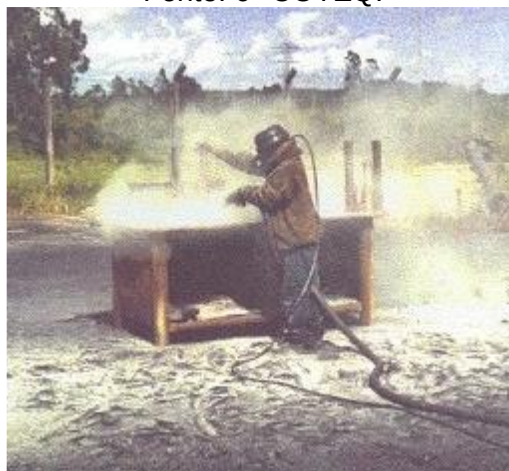


Figura 4: Resíduos areia resultante do jateamento.
Fonte: 6º COTEQ.

3.2 Prevenção a saúde

Ao se chocarem contra o metal, em velocidades variando entre 300 e 700 km/h, os grãos de areia se partem resultando em pó. As partículas contêm alto teor de sílica livre cristalina, prejudicial à saúde das pessoas. O organismo não consegue eliminar, via defesas respiratórias, partículas menores do que 5 micrômetros, que acabam chegando ao pulmão.

A aspiração do pó provoca doenças graves como a silicose, irreversível e incurável. A doença surge como resposta do tecido pulmonar ao acúmulo de sílica nos pulmões.

Provoca a perda de elasticidade do tecido pulmonar, dificultando a respiração e pode levar à morte em pouco tempo. A operação de jateamento abrasivo com areia, sílica livre cristalizada ou quartzo é considerada a atividade de maior risco de silicose, entre as inúmeras situações de exposição inalatória à sílica.

Por causa disto, em 2004, uma portaria do Ministério do Trabalho e Emprego proibiu a utilização de jateamento com areia seca ou úmida como abrasivo. Apesar da proibição, o jateamento úmido ainda é usado no país, mas com abrasivos não poluentes, como a granalha de aço e abrasivos sintéticos, que emitem pouco material particulado.

Como alternativa de materiais para serem usados no jateamento abrasivo temos:

- Granalha de Aço Esférica e Particulada
- Óxido de Alumínio Particulado
- Granalha de Cerâmica Sinterizada
- Granalha de Poliamida Granulado e Particulado
- Granalha de Uréia
- Granalha de Acrílico
- Casca de Noz
- Micro Esferas de Vidro
- Estauroлита
- Granada
- Olivina
- Hematita Especular (Óxido de Ferro)
- Granalha de Aço
- Escória de Carvão
- Escória de Cobre
- Escória de Níquel
- Gelo seco

3.3 Novas Metodologias

Atualmente, o método considerado ideal é o hidrojateamento. Considerado totalmente ecológico, consiste no jateamento com água sob alta pressão (20.000 a 45.000 psi). Nestas condições a água consegue remover a carepa, as ferrugens e as tintas velhas. Como não há abrasivo na limpeza, a formação de rugosidade para o recebimento da primeira pintura é prejudicada. Por isso, o hidrojateamento é indicado para superfícies já jateadas anteriormente.



Figura 5: Operário em processo de hidrojateamento.
Fonte: Ambiental BR.

O hidrojateamento pode ser realizado paralelamente a outras etapas da obra tais como montagem, serviços de caldeiraria, reparos elétricos e pintura, propiciando redução no prazo de execução e de custos.



Figura 6: Decapagem de estrutura metálica para recuperação de pintura.
Fonte: 6º COTEQ.

Ao contrário de outros tratamentos com abrasivos secos, os resíduos sólidos do hidrojateamento são 95% menores do que a jateamento abrasivo. Além da limpeza da superfície, outra propriedade muito importante desse processo é a remoção de sais solúveis que podem ficar aderidos ao substrato. A eficiência dessa remoção é 85% maior também.



Figura 7: Superfície hidro jateada.

Outras aplicações do hidrojateamento:



Figura 8: Desobstrução de tubos num Trocador de Calor
Fonte: 6º COTEQ.



Figura 9: Demolição de concreto e decapagem da armadura metálica
Fonte: 6º COTEQ.

3.4 O problema dos Cloretos

A preparação da superfície para a pintura através do hidrojateamento, realizado em atmosfera industrial marinha, apresenta alguns problemas como a recontaminação da superfície por alguns tipos de sais.

As chapas preparadas por essa técnica eram recontaminadas em aproximadamente duas horas e segundo a norma NACE SSPC-12, que estabelece os teores máximos permissíveis para cloretos, sulfatos e íons ferrosos na superfície, as placas tornam-se inadequadas para a pintura.

TROTTER (2001) comparou os teores de cloretos, sulfatos e íons ferrosos no substrato após diferentes formas de tratamento de superfície: lixamento pneumático,agulheiro pneumático, jateamento abrasivo com escória de cobre e hidrojateamento a ultra alta pressão.

A concentração de sais solúveis variou de zero para o hidrojateamento até 65 mg/cm² para o agulheiro pneumático, sendo que a presença de sais nos tratamentos secos pode ser comprovada através do microscópio eletrônico de varredura.

Assim, fica claro que o Brasil ainda precisa aperfeiçoar as técnicas e conceitos de pintura atualmente adotados, já que a grande maioria das especificações ainda adota somente padrões visuais para a preparação de superfície, não fazendo menção à determinação de sais solúveis no substrato e, tampouco estabelece o intervalo de tempo entre a preparação de superfície e aplicação da primeira demão de tinta.

4 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Os sistemas de pintura convencionais apresentam falhas prematuras e tempo de vida útil variando entre 3 e 7 anos, acarretando custos de manutenção muito elevados, com tendência a aumentarem com a degradação imposta pelo meio.

As falhas de aplicação, desrespeito às condições ambientais (umidade acima de 85%), presença de contaminantes e má preparação de superfícies são as causas mais apontadas para os fracassos dos esquemas de pintura.

4.1 Preparação da superfície

O grau de preparação de superfície depende de restrições operacionais, do custo de preparação, do tempo e dos métodos disponíveis, do tipo de superfície e da seleção do esquema de tintas em função da agressividade do meio ambiente.

Preparar a superfície significa executar operações que permitam obter limpeza e rugosidade específica. A limpeza elimina os materiais estranhos, como contaminantes, oxidações e tintas mal aderidas, que poderiam prejudicar a aderência da nova tinta. A rugosidade aumenta a superfície de contato e também ajuda a melhorar a aderência da tinta.

A superfície pode ser preparada de formas manuais por lixamento, escovamento ou por manta não-tecida. Também pode ser preparada por meio mecânicos como escovas rotativas, lixadeiras rotativas, pistola de agulhas e jateamento abrasivo.

4.2 Aplicação da tinta

Após a preparação da superfície a recontaminação por algum tipo de substância implica na conveniência de aplicar a primeira demão de tinta, o mais rapidamente possível. Em se tratando de FPSOs, a umidade tem fator relevante na escolha das técnicas de aplicação bem como das tintas escolhidas.

Neste contexto, ganham importância tintas *surface tolerant* aplicáveis em superfícies com umidade residual ou até completamente molhadas, com destaque para uma tecnologia de tinta epóxi sem solventes que, além não ter restrições em relação a ponto de orvalho, permite a aplicação sob condições de umidade relativa acima de 85%, nas quais uma pintura convencional não deve ser aplicada.

4.3 Tinta primária

O *primer* é a tinta de base, sendo considerado um importante componente dos sistemas de pintura, uma vez que contém os pigmentos anticorrosivos para assegurar uma boa proteção do substrato. As principais características de um *primer* são listadas como segue:

- Aderência (forte ligação ao substrato);
- Coesão (alta resistência interna);
- Inércia e proteção anticorrosiva (forte resistência aos agentes químicos e corrosivos);
- Dilatação (flexibilidade apropriada).
- Sob certas condições (particularmente onde eles são utilizados para condições de imersão), devem ter resistência química equivalente ao restante do sistema de pintura para proteção satisfatória contra a solução química na qual ele estiver imerso.

4.4 Tinta intermediária

As tintas intermediárias são geralmente utilizadas em sistemas de pintura para complementar as características mecânicas e de impermeabilidade do sistema, permitindo alcançar maiores espessuras e assegurando maior resistência iônica.

A formulação de um revestimento intermediário é importante, primeiramente, pelo aumento da espessura total. A espessura física dos sistemas de pintura melhora muitas outras propriedades essenciais de um revestimento, como o aumento da resistência química, redução da velocidade de transporte de vapor, aumento da resistência elétrica, resistência à abrasão e resistência ao impacto. A tinta intermediária deve também ter forte aderência ao *primer* e ser uma boa base para o acabamento, para que não haja problemas de aderência entre camadas.

4.5 Tinta de acabamento

Os acabamentos também desempenham importantes funções em um sistema de pintura:

- fornecem um selamento resistente para o sistema de pintura;
- formam a barreira inicial ao ambiente;
- fornecem resistência aos agentes químicos, água e intempéries;
- produzem uma superfície resistente ao desgaste;
- fornecem aparência e características estéticas de cor, textura e brilhos finais.

Em algumas situações, no entanto, a tinta intermediária fornece a barreira principal ao ambiente, enquanto o acabamento é aplicado para diferentes finalidades. O acabamento pode ser utilizado para produzir uma superfície antiderrapante, enquanto que o intermediário e o *primer* fornecem a barreira ao ambiente.

5 ANÁLISES TÉCNICAS

5.1 Tintas epóxi sem solventes

As tintas epóxi sem solventes apresentam excelente desempenho anticorrosivo podendo ser aplicadas como *primer* ou como tinta de acabamento. Apresentam boa aderência em substrato úmido, ou seja, superfície preparada com hidrojetamento com ultra alta pressão e excelente resistência química, em água salgada, superfícies expostas a óleos minerais e solventes. Seu desempenho anticorrosivo é superior a qualquer tinta epóxi de altos sólidos

convencionais.

São indicadas para uso em plataformas de petróleo, gasodutos, navios, incluindo tanques de lastro, estruturas portuárias, tanques e silos de armazenamento, torres de transmissão de energia, estruturas metálicas e equipamentos instalados na orla marítima, transportadores de minérios, pontes, tubulações, indústrias de papel e celulose, fertilizantes, açúcar e álcool.

Porém, as tintas epóxi vem sofrendo restrições quanto ao seu uso devido aos altos teores de voláteis orgânicos e a presença substâncias tóxicas a saúde em sua composição. Com isso, a tecnologia para o desenvolvimento de tintas menos agressivas e mais eficientes tem se desenvolvido bastante.

5.1.1 Sistemas Epóxi-Aminas Aromáticas

Foram as primeiras tintas epóxi sem solvente utilizadas. Como características tinham viscosidade elevada, tempo de vida útil da mistura pequeno, intervalo para repintura curto, péssima retenção de calor quando expostas a luz solar. Esses aspectos dificultavam a utilização desse tipo de tinta em larga escala.

Os sistemas epoxídicos mais usados nestas tintas eram baseados em resinas epóxi líquidas e adutos de aminas aromáticas, principalmente DDM (diaminodifenil metano). Esse sistema necessita de ácidos orgânicos para funcionar bem e isso os torna tóxicos (cancerígenos). Por isso, sua utilização como agente de cura está proibida em vários países.

5.1.2 Sistemas Epóxi-Aminas Cicloalifáticas

Nestas tintas epóxi sem solventes o agente de cura normalmente mais utilizado é uma amina cicloalifática modificada, principalmente os derivados de isoforona diamina (IPD). Estas aminas apresentam boa resistência química, são líquidas, claras e mais reativas.

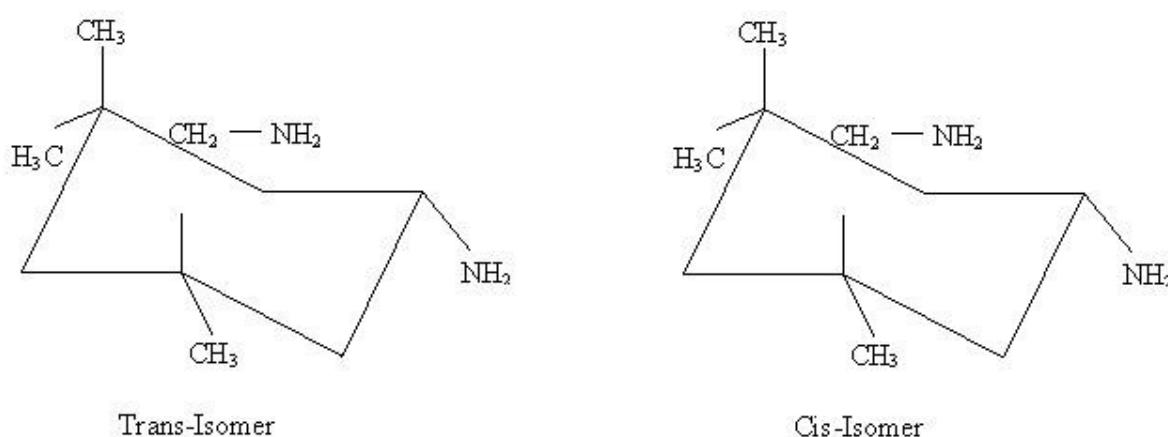


Figura 10: Estrutura química da Isoforona Diamina (IPD ou IPDA)

As diaminas cicloalifáticas puras, isto é, não modificadas normalmente fornecem grau de conversão da ordem de 70 a 80% à temperatura ambiente. É através do grau de conversão resina epóxi / diamina cicloalifática que se obtém as características desejáveis como resistência química e propriedades mecânicas.

O ideal é que essa mistura atinja 100% de eficiência. Para isso, costuma-se usar produtos auxiliares como o álcool benzílico. A adição mínima deve ser da ordem de 20%.

O álcool benzílico é considerado um diluente não reativo e não um solvente. Isso faz com que a viscosidade da tinta diminua e facilite sua aplicação. Esse sistema apresenta boas

propriedades mecânicas e elevada resistência química.

A aplicação deste tipo de tinta epóxi sem solventes requer cuidados especiais e controle das condições ambientais, principalmente no que diz respeito a umidade relativa e ponto de orvalho.

Porém, ainda não atende todos os requisitos necessários para a pintura das FPSOs por formar carbonatos insolúveis, provocando turbidez e danificando o filme de tinta e também por aumentar a tendência de absorção de água ao longo do tempo. Outros problemas como o tempo de vida útil da mistura e intervalos de pintura curtos ainda não foram resolvidos de maneira satisfatória.

5.1.3 Sistemas Epóxi-Aminas Alifáticas Modificadas

Esse sistema não é o mais indicado para os esquemas de pintura quando as aminas estão em sua forma pura. Porém, quando modificadas tendem a apresentar diminuição da reatividade sem grandes alterações na viscosidade e período de vida útil muito logo.

A modificação se faz pelo bloqueio dos grupamentos amínicos da molécula, sendo que o mesmo pode ser revertido sob condições de umidade elevada.

Assim sendo, teoricamente, tintas epóxi sem solventes concebidas com base nesse sistema podem apresentar baixa viscosidade, *pot-life* e intervalo para repintura longos e ajustáveis, excelente poder de umectação e não sofrerem restrições para aplicação sob umidade.

A formulação de tinta epóxi sem solventes com estas propriedades, ainda requer algum estudo e testes de campo, mas já se apresenta como excelente alternativa para a solução de falhas na pintura relacionadas a umidade alta no ambiente e no substrato metálico.

5.2 Pintura de Partes Novas

Para a pintura de partes novas, a técnica do hidrojateamento não pode ser usada com máxima eficiência, uma vez que esta não confere o perfil de ancoragem necessário para a adesão correta da tinta.

Apesar dos estudos e avanços na área, esse primeiro tratamento da nova peça, que tem como objetivo remover a carpa de laminação, é feito a maneira antiga através do tratamento com abrasivos sólidos.

Na construção naval é comum a utilização da técnica denominada de *shop-primer*. A função do *shop-primer* é proteger as estruturas contra a corrosão, enquanto aguardam a pintura definitiva, e facilitar os processos de soldagem, reduzindo assim os consumos de oxigênio e acetileno.

O *shop-primer* comum nada mais é do que um sistema epóxi-poliamida/óxido-de-ferro com baixo teor de sólidos e que apresenta película seca de baixa coesão.

Os procedimentos de pintura tradicionais requerem a remoção da camada de *shopprimer* antes da aplicação do esquema de pintura definitivo.

Atualmente os compostos ricos em zinco passaram a substituir os pigmentados com óxido de ferro, havendo assim uma melhoria na qualidade do produto, mas esses também são de baixa coesão e não representaram sensível melhoria no desempenho nos esquemas de pintura.

Alguns estaleiros evitam a total remoção da camada de *shop-primer* alegando problemas na redução de custos operacionais e assim um segundo jateamento não se faz necessário.

Isso contribui, de certa forma, para o desenvolvimento de novos *shop-primers* e novos procedimentos de aplicação, sempre tendo em vista a redução de custos e melhoria da tecnologia.

A pintura de estruturas novas em estaleiro pode ser dividida em dois tipos: a de chapas em unidades automáticas de jateamento e pintura e a de grandes estruturas executada por processo convencional.

Nas unidades automáticas, devido a velocidade do processo, se faz necessário o uso de tintas com secagem ultrarrápida. A tinta recomendada nesse processo é *shop-primer* modificado formulado com uma relação PVC/CPVC muito próxima a da tinta epóxi sem solvente de acabamento. Quando comparada a um *shop-primer* convencional ela apresenta maior aderência, coesão e resistência a corrosão.

A relação entre espessura da tinta de fundo e rugosidade do substrato influencia diretamente as propriedades anteriormente mencionadas. A tinta com melhores propriedades de coesão, mantidas as características de soldabilidade, pode ser aplicada com maior espessura e assim proteger melhor, e por mais tempo, o aço contra a corrosão, facilitando a pintura definitiva.

6 SAÚDE OCUPACIONAL

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a saúde ocupacional tem como objetivos a promoção e manutenção, no mais alto grau, do bem estar físico, mental e social dos trabalhadores em todas as ocupações; a prevenção, entre os trabalhadores, de doenças ocupacionais causadas por suas condições de trabalho; a proteção dos trabalhadores em seus empregos, dos riscos resultantes de fatores adversos à saúde; a colocação e conservação (manutenção) dos trabalhadores nos ambientes ocupacionais adaptados às suas aptidões fisiológicas e psicológicas.

A saúde ocupacional, por sua natureza multiprofissional, engloba três áreas de atuação: a médica, centrada no trabalhador; a higiene do trabalho atuando sobre o ambiente do trabalho e a segurança do trabalho.

No que tange à exposição dos trabalhadores aos agentes ocupacionais existentes nesses processos de aplicação (hidrojateamento, jateamento abrasivo e recurso mecânico com martelete) foram realizados levantamentos qualitativos e quantitativos de ruído, aerodispersóides, umidade, gases e vibração, em que se sobressai consideravelmente o hidrojateamento por estar isento de aerodispersóides e gases e apresentar menor nível de ruído e vibração, porém, é o único que expõe o trabalhador à umidade apesar de existirem e serem adotados os recursos específicos de proteção individual para sua completa neutralização.



Figura 11: Equipamentos de segurança para hidrojateamento.
Fonte: 6º COTEQ.

Devem ser também mencionadas outras exposições que todos esses processos ainda oferecem que são quanto à postura e à fadiga pelo uso dos equipamentos em relação aos locais de sua aplicação. O hidrojateamento apresenta condições semelhantes à demolição com martetele e um pouco mais acentuada em relação ao jateamento abrasivo.

7 REDUÇÃO DE CUSTOS

O desenvolvimento de novas tecnologias para os esquemas de pinturas das FPSOs pode encarecer sua aplicação, mesmo em larga escala. Essa é uma preocupação constante em empresas com a Petrobrás e suas subsidiárias. Porém, em vista dos cuidados ambientais que uma empresa deve ter, esse aumento de custo se faz necessário.

Quando comparado com uma tinta epóxi sem solvente convencional, o preço das tintas epóxi sem solventes especiais se apresentam como um entrave à sua utilização.

Essa relação de custo entre as tintas passa de cerca de 3 para 2,2 quando empregado em maior escala. Quando se trata de custos de sistemas de pintura, o assunto deve ser encarado de maneira global, o que o torna bastante complexo em função das variáveis envolvidas.

Abaixo apresentam-se quadros comparativos de custos de sistemas de pintura para FPSO, incluindo-se somente os custos da preparação de superfície, tintas e aplicação.

Tabela 1: Custos (US\$) de tintas e preparação de superfície para pintura de FPSO.

Área	JAS	HAP	ESSC	ESSE
Lastro**	39,0	0,22	0,57	12,9
Carga*	47,0	22,0	3,8	8,6
Casco**	11,0	15,0	5,7	12,9
Convés*	11,0	15,0	3,8	8,6

JAS Jateamento Abrasivo Seco

HAP Hidrojateamento a Ultra Alta Pressão

ESSC Epóxi sem Solventes Convencional

ESSE Epóxi sem Solventes Especial

* 2 demãos de 150 µm

** 3 demãos de 150 µm

Tabela 2: Comparação de Custos entre os sistemas.

Área	% do total	JAS + ESSC	HAP + ESSE
Lastro	19,6	47,7	37,9
Carga	41,4	52,8	32,6
Casco	7,2	19,7	30,9
Convés	31,8	16,8	25,6

Em áreas confinadas, onde o acesso para a remoção de abrasivos é muito difícil, o hidrojateamento apresenta uma sensível redução nos custos de pintura dessas áreas.

Embora mais caro nas áreas de convés, casco e superestrutura, sistema hidrojateamento + tinta epóxi sem solventes especial, além do aspecto ecológico, apresenta, a luz desta análise, redução no custo global da obra.

Conclusões e recomendações

A conversão de navios em unidades flutuantes de produção e estocagem (FPSO s), tem sido muito usada pela PETROBRAS para aumentar sua produção de Petróleo. Durante a sua vida útil, a unidade fica exposta à atmosfera marinha e, em diversas áreas, submetida a diferentes meios corrosivos, o que implica na especificação de sistemas comprovadamente eficazes de proteção contra a corrosão.

A pintura é a mais difundida técnica de proteção anticorrosiva, razão pela qual deve ser encarada como uma tecnologia complexa, dinâmica, capaz de acompanhar o desenvolvimento tecnológico em outras áreas e de se adaptar às tendências de um mundo de economia globalizada, com forte apelo pela preservação do meio do meio ambiente. A pintura de uma FPSO se constitui num excelente campo de observação, envolvendo diferentes procedimentos para novas construções e estruturas reaproveitadas.

Uma nova visão de esquema de pintura, com ênfase na qualidade da especificação, critérios de inspeção, tintas menos dependentes de condições climáticas, processos enquadrados em conceitos de proteção ambiental e saúde ocupacional, é apresentada como fator de redução de custos.

A tecnologia de pintura baseada em hidrojateamento e tinta epóxi sem solventes especial tem se mostrado a mais ideal para os esquemas de pintura *offshore*, pois é menos sensível a variações e controles de parâmetros ambientais e, também, compatível com hidrojateamento em regiões confinadas.

Já para locais ou equipamentos com dificuldade de execução de pintura, excessivas interrupções para manutenção, temperatura elevada ou condições de operação que provoquem uma degradação acelerada das tintas, o revestimento mais indicado é aspersão térmica de alumínio (TSA) com selante orgânico.

A ABRACO Associação Brasileira de Corrosão (<http://www.abraco.org.br>) possui normas técnicas que regularizam esquemas de pintura industrial.

NBR 6181/1980 Classificação de meios corrosivos com vistas à seleção de sistemas de pintura. Classificação. 7p.

NBR 7824/1982 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva. Procedimento. 6 p.

NBR 7825/1983 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Acrílico termoplástico Procedimento. 3 p.

NBR 7826/1983 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva -

Alquídico. Procedimento. 3 p.

NBR 7827/1983 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Borracha clorada. Procedimento. 3 p.

NBR 7828/1983 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Silicato de etila rico em zinco. Procedimento. 4 p.

NBR 7829/1983 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva – Epóxi alcatrão de hulha-poliâmidâ. Procedimento. 3p.

NBR 7830/1983 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva – Epóxi alcatrão de hulha-poliâmidâ. Procedimento. 3p.

NBR 7831/1983 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Epóxi poliâmidâ. Procedimento. 3p.

NBR 7832/1983 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva – Epóxi poliâmidâ. Procedimento. 3p.

NBR 7833/1983 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Poliuretano. Procedimento. 3p.

NBR 7834/1983 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Silicato inorgânico alcalino rico em zinco. Procedimento. 3p.

NBR 7835/1983 Sistemas de revestimentos protetores com finalidade anticorrosiva - Vinílico. Procedimento. 3p.

NBR 8264/1983 Adequação da limpeza de superfície e do perfil de ancoragem, de aço, aos sistemas de revestimentos protetores. Procedimento 4p.

NBR 8755/1985 Sistemas de revestimentos protetores para painéis elétricos. Procedimento. 2 p.

NBR 9209/1986 Preparação de superfícies para pintura - Processo de fosfatização. Procedimento. 4p.

NBR 9354/1986 Sistema de pintura anticorrosiva e resistente a altas temperaturas. Procedimento. 4 p.

NBR 10253/1988 Preparo de superfície de aço carbono zincado para aplicação de sistemas de pintura. Procedimento. 5p.

NBR 11297/1990 Execução de sistema de pintura para estruturas e equipamentos de aço carbono zincado. Procedimento. 3p.

NBR 11388/1990 Sistemas de pintura para equipamentos e instalações de subestações elétricas. Especificação. 8p.

NBR 11389/1990 Sistemas de pintura para equipamentos e instalações de usinas hidroelétricas e termoelétricas. Especificação. 5p.

Referências

AMBIENTAL BR. **Hidrojateamento**. Disponível em:
<<https://www.ambientalbr.com.br/noticia/o-que-e-hidrojateamento>>. Acesso em: 16 março 2022.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Portal Fundacentro**. Disponível em:

<<https://www.gov.br/fundacentro/pt-br>>. Acesso em: 16 março 2022.

OMS. **Organização Mundial da Saúde**. Disponível em:

<<https://www.paho.org/pt/noticias/18-12-2018-opasoms-disponibiliza-publicacoes-sobre-saude-ambiental-e-substancias-quimicas>>. Acesso em: 16 março 2022.

PETROBRÁS. Disponível em:

<<https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/bacias/bacia-de-campos.htm>>. Acesso em: 16 março 2022.

REVISTA QUÍMICA E DERIVADOS. Disponível em: <<https://www.quimica.com.br/>>. Acesso em: 16 março 2022.

WIKIPEDIA. **Plataforma Petrolífera**. Disponível em:

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Plataforma_petro%C3%ADfera>. Acesso em: 16 março 2022.

6º COTEQ **Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos**. Disponível em:

<<https://docplayer.com.br/16332190-Hidrojateamento-eficiencia-tecnica-e-grande-risco-aliados-a-seguranca-maxima-joao-manoel-ventura-rodrigues-aracruz-celulose-s-a.html>>.

Acesso em: 16 março 2022.

Identificação do Especialista

Jeferson Luiz Francisco

Marcelo Jasinski

Anexos

Esquema de procedimentos técnicos (tradicionais) para pintura:

1 INSPEÇÃO VISUAL

A superfície a ser tratada deve ser inspecionada, visualmente, antes de ter início a qualquer procedimento de limpeza ou preparação da superfície. Durante a inspeção deverá ser marcado e mapeado os locais onde existam vestígios de óleo, graxa, cimentação, pontos de corrosão e outros materiais estranhos, onde também deverão ser anotados e mapeados os locais onde não há mais a demão da tinta de acabamento.

2 PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

A) Inicialmente remover toda corrosão identificada no item anterior, por meio de ferramentas mecânicas. O grau de limpeza a ser obtido é o ST3 da Norma SIS 055900;

B) O tratamento deverá abranger não só as áreas com corrosão, mas também as áreas adjacentes, numa extensão de aproximadamente 10 cm, a partir de onde o substrato se apresente em boas condições (sem corrosão);

C) Após o tratamento das áreas com corrosão, fazer um lixamento manual, chanfrando as bordas da pintura adjacente numa extensão de aproximadamente 5 cm para melhorar as condições de aderência da tinta subsequente. Em seguida remover o pó e outros resíduos da área tratada utilizando vassoura de pelo e ar comprimido seco;

D) Lavar todo equipamento com jato d'água quente aproximadamente 100 C, com detergente inerte, com o objetivo de remover o teor de sais solúveis na superfície, óleo e graxa. Algum resíduo de óleo e graxa ou outros contaminantes mais aderentes à superfície, devem ser removidos por meio de solvente, com devido cuidado para não serem espalhados na superfície;

E) É recomendado adquirir os solventes que vão ser utilizados na limpeza

(desengorduramento) do mesmo fabricante das tintas utilizadas no esquema de pintura dos equipamentos.

3 ESQUEMAS DE PINTURA

3.1 Tinta De Fundo (Epóxi Pigmentada Com Alumínio)

Aplicar uma demão de tinta de fundo à base de resina epóxi pigmentada com alumínio, com uma espessura de película seca de 80 µm, em conformidade com a Norma N-2288 da PETROBRAS, por meio de trincha ou rolo, em todas as áreas que foram tratadas, conforme item PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE.

3.2 Tinta Intermediária (Epóxi Poliamida)

Aplicar uma demão de tinta intermediária a base de resina epoxi curada com poliamida, com uma espessura de película seca de 120 µm, em conformidade com a Norma N-1211 da PETROBRAS, por meio de trincha ou rolo, em todas áreas que sofreram tratamentos e pintura de fundo, conforme itens 2 e 3.1, respectivamente.

3.3 Tinta De Acabamento (Base De Resina Alquílica)

Aplicar uma camada de tinta de acabamento a base de resina alquílica, na cor cinza Munsel 6.5 para o tanque e vermelho Ferrari para o cabeçote, ambas com uma espessura de película seca de no mínimo 30 µm, conforme Norma N-2492 PETROBRAS.

Obs.: Em todas as etapas de aplicação das tintas deve-se seguir rigorosamente o boletim técnico do fabricante da tinta observando:

- a) Tempo de secagem ao toque
- b) Tempo de secagem para repintura / demão
- c) Tempo de cura
- d) Tempo de vida útil da mistura
- e) Tipo de aplicação (pistola / rolo / trincha)
- f) Diluição / homogeneização
- g) Para diluir a tinta usar o diluente recomendado pelo fabricante da tinta.

4 ENSAIO, INSPEÇÃO E VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA PINTURA

4.1 Verificação da qualidade da pintura

A espessura das camadas de película obedecerá aos seguintes critérios:

- A) Para cada área de pintura, efetuar 01 (uma) medição sobre o filme seco em pontos separados do tanque e cabeçote, em cada demão de tinta e ao final dos trabalhos, após aplicação da última demão de tinta.
- B) Para cada medição em um mesmo ponto deverá ser feita no mínimo 03 (três) leituras, e o valor a ser considerado será a média das leituras efetuadas.
- C) As medições não deverão ser feitas em pontos a menos de 2,5 cm de descontinuidades tais como: furos, cantos, pontas etc.
- D) A tolerância sobre as espessuras especificadas será de 10 µm ou 10% do valor especificado nas Normas Petrobrás N-2135 e MB-1333.
- E) O ensaio de aderência das películas de tintas aplicadas será efetuado após a aplicação de cada demão, obedecendo seu tempo de cura, segundo as Normas N-2241 Petrobrás e ASTM-D3359. O método será o de corte em X com aderência mínima aceitável padrão 3X.
- F) Aspecto final da pintura quanto a descontinuidade, escorrimento e empolamento, deverá ser conforme Norma N-2137 e N-13d da Petrobrás.



Serviço Brasileiro de **Respostas Técnicas**

www.respostatecnica.org.br