INTERCORR2008_103

Copyright 2008, ABRACO
Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2008, em Recife/PE, no mês de maio de 2008.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Hidrojateamento e nova geração de tinta sem solventes tolerante à humidade: o que há de novo e suas implicações para o estaleiro do futuro

João Azevedo[1], Mario P. De Paiva

Abstract

This article presents an appraisal of the joint use of Ultra High Pressure (UHP) hydroblasting and ES301 solvent-free and humidity tolerant coating system. Information is presented validating the assumption that this concept enables important cost savings to the yard without affecting the durability (both in repair and conversions and in new building projects) of the anticorrosive protection. A claim is made that this concept copes with the IMO PSPC performance demands. The most recent advances within the ES301 family of coatings are also mentioned, like UV sensitive additives enabling dark light inspection, the increasing adoption of the ES301S superior edge retentive type (that has a huge potential for cost savings in steel edge smoothing pre-treatments) and the introduced capacity of optimized flame resistance that results in reduced burned areas and smoke liberation caused by repairs & hot works after painting being applied. The conclusion explains how shipyards can take the best out of this concept.

Resumo

Este artigo faz o levantamento da utilização do conceito “hidrojateamento + tintas ES301” nos últimos anos. Reúne informação que valida a assumpção que este conceito permite importantes reduções de custo para o estaleiro sem prejuízo da durabilidade (quer em reparação e conversão quer em nova construção). E defende que este conceito vem de encontro às exigências das novas regras da IMO PSPC em termos de desempenho. Anuncia também as mais recentes inovações introduzidas nos produtos ES301 da Euronavy, uma família de tintas epóxi sem solventes tolerantes à humidade. Estas inovações vão no sentido de aumentar a performance sem esquecer a redução de custos e prazos de execução no estaleiro. Destacam-se em particular a introdução na tinta de aditivos sensíveis aos Ultra Violeta que permitem a inspecção por luz negra (tornando as inspecções mais rápidas e seguras e minorando o risco de sub-espessura), a adopção crescente de uma versão “edge-retentive” (que pode ter grande impacte na redução de custos associados ao pré-tratamento do aço nas arestas e ao “stripe coat”) e a reformulação que permitiu aumentar a resistência à chama e reduzir o alastramento dos danos e da libertação de fumos durante os trabalhos de aço sobre áreas já tratadas e pintadas. A conclusão alerta para a forma como o estaleiro do futuro pode obter a máxima vantagem deste conceito.

Palavras-chave: corrosão, revestimento, hidrojateamento, tinta sem solventes, inspecção UV, *edge-retention*, resistência à chama, custos.

[1] Engenheiro Químico, Pós-graduado em Gestão / MBA, Director de Marketing – EURONAVY SA

Terminologia

International Maritime Organization (**IMO**)
International Association of Classification Societies (**IACS**)
International Association of Independent Tanker Owners (**INTERTANKO**)
International Convention for the Safety of Life at Sea (**SOLAS**)
Tanker Structures Cooperative Forum (**TSCF**)
Performance Standard Protective Coatings IMO Resolution MSC.215(82) (**PSPC**)
European Maritime Safety Agency (**EMSA**)
Naval Sea System Command - US Department of Defence (**NAVSEA**)
Teor de Componentes Orgânicos Voláteis (Volatile Organic Compounds, **VOC**)
Retenção de Espessura da Tinta nas Arestas após a Cura (**EDGE RETENTION**)
Common Structural Rules (**CSR**)
Hidrojateamento de Ultra Alta Pressão (Ultra High Pressure, **UHP**)
Registro Italiano Navale (Sociedade Classificadora Italiana, **RINA**)

INTRODUÇÃO

A decapagem com abrasivos e a utilização de tintas tradicionais, com solventes e limitadas pela humidade ambiente, têm constituído a norma na actividade de protecção anticorrosiva nos estaleiros do mundo nas últimas décadas. Esta abordagem tem vivido de produtos (tintas) de baixo custo, que em contrapartida só conseguem garantir um bom desempenho graças a elevados custos na preparação de superfície e na aplicação de tintas, aos quais se somam os custos de contenção do impacte ambiental nos países onde existe essa preocupação (por exemplo tratando os resíduos da decapagem abrasiva como resíduos industriais perigosos). Infelizmente já há muito que o Princípio de Peter se aplica na indústria. A pressão das sociedades no sentido de garantir uma redução dos impactes ambientais das actividades económicas foi a gota de água que esgotou a capacidade da tecnologia de tintas tradicional para simultaneamente oferecer boa protecção, reduzir os impactes ambientais e na saúde e segurança do meio e manter os custos baixos. A tecnologia de tintas tradicional, que abnegadamente e com relativo sucesso serviu a indústria durante muitos anos, foi finalmente promovida ao seu "nível de incompetência", como diria o referido Princípio, um patamar de exigência ao qual já não consegue responder. A indústria escolheu controlar os custos, pelo que as limitações da tecnologia de tintas têm tido expressão em falhas da protecção e/ou elevados impactes ambientais. Mas o cerco está montado: a própria IMO [20] impôs novas regras (a norma PSPC) para a pintura de tanques de lastro e os governos já não permitem os mesmos atentados ambientais do passado. O que resta? Ou os custos aumentam exponencialmente ou se procuram tecnologias de tintas que de forma economicamente mais eficiente permitam responder às novas exigências de durabilidade sem prejuízo do ambiente nem aumento enorme dos custos. Este artigo tem como objectivo demonstrar que essa tecnologia já existe, sendo hoje conhecida sob a marca ES301. Para tal apresentará evidência do sucesso da protecção anticorrosiva que o sistema ES301 confere. Mostrará ainda como essa protecção superior é alcançada apesar de se usarem métodos alternativos de preparação de superfície e de aplicação da tinta (graças às tolerâncias de superfície e à humidade e à característica de "*edge retention*") e defenderá que o conceito ainda assim está conforme com os objectivos da PSPC. O artigo mostrará ainda como estes métodos alternativos permitem importantes reduções de custo para o estaleiro, vantagens que poderão ser ainda mais reforçadas com as mais recentes inovações do ES301.

NOVAS NECESSIDADES GERAM NOVAS TENDÊNCIAS: A VISÃO EURONAVY

As necessidades das indústrias de construção e reparação naval, assim como das empresas ou estados que são donas de activos como navios ou plataformas de exploração de petróleo offshore, têm vindo a alterar-se no que respeita à prevenção da corrosão. Essas necessidades foram evoluindo para tentar responder a pressões ambientais e, em muitos casos, devido à insatisfação com a limitada durabilidade dos sistemas de pintura aplicados. Esta evolução das necessidades pode ser detectada a partir de meados dos anos 90 e na passagem do século com a crescente publicação de testemunhos de clientes e instituições [10, 11, 12, 14, 15, 16]. A preocupação com o desempenho, que foi crescendo de cada vez que um grande acidente marítimo chocava o mundo (Erika, Prestige, etc) acabou por levar a própria IMO a impor novas regras. O já referido standard IMO-PSPC, *Performance Standard Protective Coatings* [22] para a pintura de tanques de lastro (espera-se em breve a emissão de normas do mesmo tipo para os tanques de carga) destina-se a garantir a sua durabilidade durante 15 anos. O primeiro passo nesta direcção já tinha sido dado em 2002 com a publicação pela Intertanko do documento Guidelines for Ballast Tank Coating Systems and Surface Preparation em 2002 [20], que serviu de inspiração à IMO para preparar o PSPC.

Fazendo-se um levantamento bibliográfico das referências a novas necessidades da protecção anticorrosiva do aço, é possível enumerar e classificar as preocupações detectadas por tipo:

Necessidades de Desempenho

- Mais atenção dada à corrosão. Os organismos reguladores (IMO, IACS, SOLAS) passaram a prestar mais atenção ao estado de corrosão dos tanques dos navios (ex: exigência de notação "GOOD" [31] nos tanques de lastro para manter autorização de operação sem limitações e sem necessidade de inspecção anual dos tanques).
- Exigência de maior durabilidade. O PSPC da IMO [22] é o corolário mais recente desta tendência, mas vem uns anos atrasado relativamente a instituições como a US Navy ou a Petrobras. Os primeiros lançaram em meados dos anos 90 programas com o objectivo de aumentar a durabilidade das tintas e processos utilizados pela sua frota que em 2000 começaram a dar os primeiros frutos [10]. Os segundos dedicaram uma atenção particular ao estudo de alternativas mais evoluídas ao constatar que os sistemas de pintura tradicionais que especificava no passado falhavam em média 5 a 7 anos após a aplicação durante a construção das plataformas e FPSOs da empresa [30].
- Alerta para "novos" factores que afectam a durabilidade mas que no passado eram desconsiderados, tal como o teor de sais na superfície e a espessura de tinta nas arestas e sobre as soldaduras.
- Mais atenção às limitações das tintas tradicionais em termos de humidade ambiental e de perfil de rugosidade do aço.

Necessidades Ambientais

- Pressão para reduzir a libertação de solventes (reduzir os VOC das tintas)
- Atenção ao impacte do abrasivo das decapagens, que passou a ser considerado como resíduo industrial perigoso em muitos países.

Necessidades de Segurança e Saúde

- Maior informação sobre o efeito nocivo dos VOC na atmosfera e na saúde humana.
- Proibição de componentes tóxicos das tintas, outrora comuns, como os compostos de chumbo, cromatos e alcatrão de hulha ou os compostos de estanho dos anti-vegetativos.

- Pressão para reduzir outros componentes indesejáveis que se podem acumular na natureza para além dos valores toleráveis, como o zinco.
- Aumento geral da preocupação com a Segurança e Saúde no Trabalho. A inflamabilidade das tintas base solvente e a possibilidade de ignição provocada pela projecção de abrasivos durante a decapagem são dois exemplos de riscos graves em ambientes mais expostos como refinarias ou plataformas offshore.

Necessidades de Custo

- Os custos da gestão dos resíduos da decapagem passam a ser considerados.
- Análise de custos começa a ter em conta os prazos de execução e o impacte de falha precoce nos custos futuros, incluindo custos de paragem de operação (que na exploração petrolífera são gigantescos).
- Algumas fontes começam a interrogar-se de que forma se podem conciliar as necessidades ambientais e de desempenho com um controle dos custos [11, 30 29]. A PSPC, por exemplo, exige um grau de rigor na preparação de superfície e do pré-tratamento do aço que naturalmente vai permitir que produtos tradicionais de boa qualidade durem os 15 anos previstos. Mas a que custo? E que dizer do impacte ambiental (ou respectivo custo) associado ao uso de solventes e abrasivos?

Muitas das fontes consultadas para fazer o apanhado das novas necessidades sugerem também de que forma essas necessidades poderão ser satisfeitas. Em 2000 Thomas e Webb [10] já apontavam para o uso de tintas sem solventes e com capacidades reforçadas de *edge retention* como solução para os problemas de durabilidade das tintas que a US Navy enfrentava, ao mesmo tempo que ajudava a cumprir com as novas normas que limitavam a emissão de VOCs. Meunier [19], em 1998, apresentava o caminho escolhido pela SNCF para diminuir o impacte ambiental do tratamento de pontes metálicas, promovendo a hidrojateamento de Ultra Alta Pressão (UAP) como alternativa à decapagem com abrasivos. Quintela, Silva e Leite [12] apresentaram em 2002 a visão da Petrobras relativamente a este tema, partilhando os primeiros resultados do uso de tecnologias alternativas (tintas sem solventes tolerantes de humidade, hidrojateamento UAP) com potencial para responder melhor aos reptos actuais.

A Euronavy foi pioneira na identificação das necessidades emergentes e na interpretação da melhor forma de as satisfazer, formulando uma Visão que simultaneamente identifica as novas necessidades e declara o caminho que escolheu percorrer para as satisfazer (figura 1).

Figura 1. A Visão Euronavy

A Visão Euronavy

A Visão da Euronavy traduziu-se na tecnologia de tintas ES301, que junta num só sistema as características consideradas desejáveis para responder às novas necessidades. De facto os produtos ES301 são produtos sem solventes, tolerantes à humidade e à preparação de superfície, podem ser aplicados sobre superfícies hidrojateadas sem prejuízo do desempenho anticorrosivo e apresentam capacidades reforçadas de *edge retention*. As Figuras 2, 3, 4 e 5 ilustram estas características.

Figura 2: típico aspecto de superfície hidrojateada, durante aplicação do ES301 (Portugal)

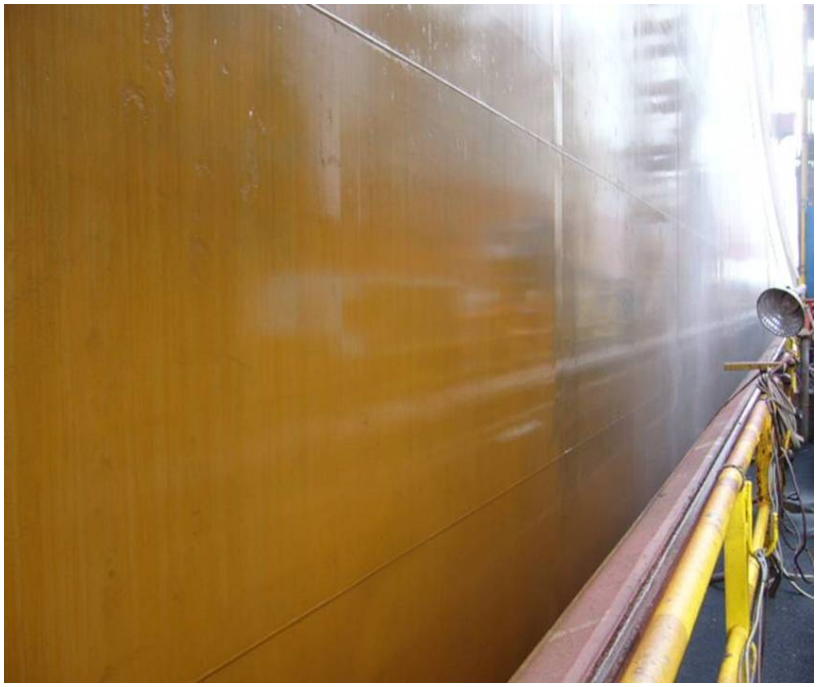

Figura 3: grau de humidade e flor de ferrugem tolerados pelo ES301 (casco da P54 em Singapura, imediatamente antes da aplicação do ES301).

Figura 4: valores de aderência pull-off próximos de 20 MPa são comuns.

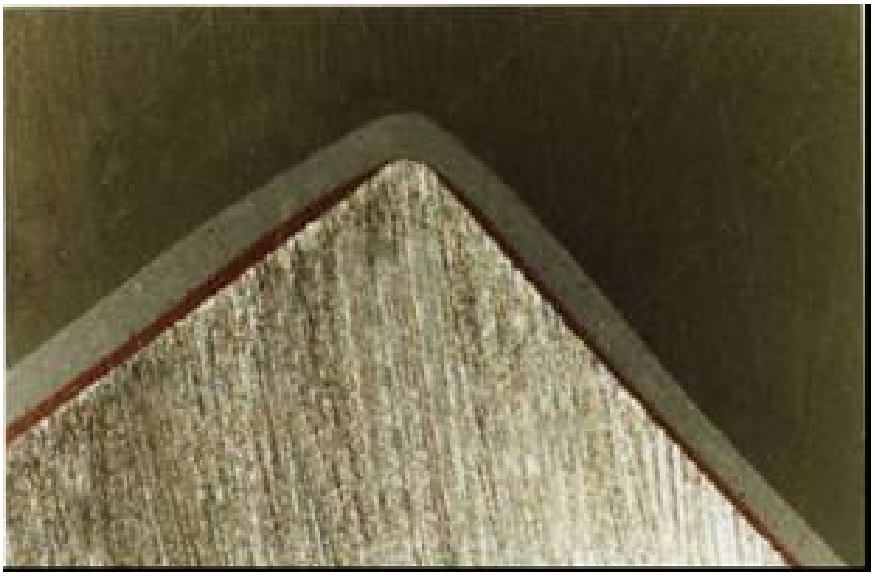

Figura 5: o ES301 apresenta elevada retenção de espessura nas arestas (edge retention). No caso de o sistema incluir ES301S a espessura nas arestas pode atingir 100% da espessura nas superfícies planas. Numa tinta convencional, base solvente, este valor é inferior a 30%.

O sistema ES301 consegue hoje, de forma comprovada, conciliar uma melhoria simultânea do Desempenho da protecção, do Custo do processo, da Segurança & Saúde das aplicações e do impacte Ambiental dos processos de decapagem e pintura. Este artigo debruça-se de seguida sobre as evidências de tal afirmação, recorrendo aos dados existentes sobre o desempenho do "conceito ES301", preferencialmente de fontes independentes. Esses dados são essencialmente de três tipos:

- Resultados de Testes e Processos de Certificação e Qualificação.
- Histórico de aplicação do conceito em estaleiros, em projectos de vários tipos e dimensão.
- Observação do desempenho a longo prazo, através da inspecção de áreas protegidas com ES301 após exposição durante vários anos em serviço.

EVIDÊNCIA DE DESEMPENHO DO SISTEMA ES301

Testes, Certificação e Qualificação do ES301

Para efeitos deste artigo define-se "sistema ES301" como um sistema de duas demãos do produto ES301 (espessura total de 300 microns), com recurso opcional à versão ES301S na segunda demão como alternativa à versão base do ES301. Embora as características *edge retentive* do ES301 original seja superiores aos de um sistema tradicional com solventes, o recurso ao ES301S reforça ainda mais esta característica (garantindo espessuras na aresta até 100% da espessura nominal mesmo sem recurso a *stripe coat*). Utilizando a opção ES301S no *stripe coat* e na segunda demão é possível reduzir a exigência de boleamento das arestas do aço (para uma passagem de esmeril em vez de três) e reduzir o reforço de pintura nas arestas e soldaduras para um *stripe coat* apenas.

O sistema ES301 foi abundantemente testado desde o seu lançamento nos anos 90. A Petrobras (CENPES), a US Navy (Navsea) e a SNCF são algumas das fontes de resultados de testes. Os bons resultados dos mesmos, assim como os de casos práticos de aplicação e exposição real, permitiram ao ES301 ser qualificado / certificado por uma série de entidades.

A Tabela 1 apresenta uma lista não exaustiva de resultados de testes. Uma lista das principais certificações do sistema ES301 é transmitida na Tabela 2.

TESTE	RESULTADO	FONTE
Nevoeiro salino ASTM B117	Rating 10 (0-10, ASTM D1654) após 1000 h.	(A)
	> 2000 h sem defeitos	(B)
Condensação ASTM D4585	Rating 10 (0-10, ASTM D1654) after 1000 h.	(A)
	> 2000 h sem defeitos	(B)
Teste combinado NACE TM0184	4000 h sem defeitos	(D)
Teste cíclico da MIL-PRF 23236C (4.5.2.2.1. Cycle A)	4200 h + 4200 h, pass (considerado equivalente ao Marintek, classificação B1)	(A)
Aderência pull-off, ASTM D4541 ou equivalente	Aplicado sobre padrões Sa 2 ½ e WJ2	
Após aplicação e cura	12,0- 24,0 MPa	(B)
Após 1000 h nevoeiro salino	9,3 – 10,8 MPa (ES301K+ES301S)	(A)
Após 700 h nevoeiro salino	10,0 MPa (ES301L+ES301S+PU) NF EN 24624	(C)
Após 1000 h condensação	11,5 – 13,8 MPa (ES301K+ES301S)	(A)
Exposição atmosférica (2,5 anos)	Ratings 0-10 de acordo com ASTM D1654 *Rust*: 10; *Blistering*: 10; *Scribe undercut* 0,5 mm.	(A)
Descolamento catódico (MIL P24647, ES301K+ES301S)	*No defects* (90 days, "pass").	(A)
Resistência ao choque (EN ISO 6272)	6,4 – 8,3 J (queda de 65 a 85 cm) (ES301L+301S+PU)	(C)
Resistência ao fogo ASTM E84-01	*Rating* A (NFPA Nº101, avaliando alastramento da chama e libertação de fumos)	(E)
Edge-retention (procedimento da norma MIL-PRF 23236 C)	% retenção 74% - 101%, para raios da aresta de 0,1 mm e 2,4 mm, respectivamente (ES301K+ES301S system)	(A)
(A): Naval Research Laboratory, Center for Corrosion Science and Engineering, US Navy (B): CENPES/PETROBRAS, Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo A.M. Mello (C): SNCF, Société National de Chemin de Fer (Eurailtest Laboratoire de Vitry) (D): DNV Preliminary Report on Type Approval (E): NGC Testing Services, Fire Testing Laboratory		

Tabela 1 – Resultados de Testes do sistema ES301

US Navy Sistema ES301 aprovado para durabilidade de 20 anos em tanques de lastro [26].
Norma MIL PRF 23236C (US Department of Defence, NAVSEA, US Navy [24]) Sistema ES301 aprovado como tinta "*Type VII - formulation with no solvent added, absence of pigments that are hazardous or create hazardous waste*". Vale a pena referir que o reconhecimento como Type VII garante que quando (muitos...) anos mais tarde as superfícies com ES301 forem decapadas de novo, o resíduo gerado não será classificado como resíduo industrial perigoso nos EUA. O sistema está ainda qualificado pelas seguintes classes desta norma: • *Class 7 (seawater ballast tanks)* . Qualificação considerada equivalente à classificação "*B1 hard coating*" (Marintek). • *Class 15b (applicable over wet surfaces)* ES301 é o único sistema qualificado nesta classe. • *Class 17 (bilges).*
Navy Environmental Health Center Os produtos ES301, para serem qualificados como *Type VII* pela MIL-PRF 23236C, foram obrigatoriamente aprovados pelo Navy Environmental Health Center. Esta aprovação implica o reconhecimento da classe mais restritiva em termos de voláteis (VOC < 150 g/L) e a ausência no produto de metais pesados, zinco ou qualquer outro componente indesejável (por exemplo negro de fumo, um pigmento usado habitualmente nas cores cinza).
Petrobras O sistema ES301 está conforme a especificação técnica *I-ET-3010.00-1300-140-PPC-002 - Surface Tolerant Solvent Free Epoxy Paint For Wet Surfaces*, que define as condições de pré-qualificação para sistemas de pintura de alto desempenho sem solventes e tolerantes à humidade pretendidos pela Petrobras. A conformidade com esta especificação exige que os sistemas de pintura passem nos testes cíclicos das normas Norsok M-501 Rev 4, ASTM D 5894 e Petrobras, para além do teste de descolamento catódico de acordo com a norma ASTM G8.
ACQPA (França) Sistema ES301 aprovado para protecção do aço, exposição atmosférica de alta corrosividade. Aprovação válida para decapagem com abrasivo ao grau Sa 2½ e hidrojateamento ao grau WJ2. A certificação ACQPA (Association pour la Certification et la Qualification en Peinture Anticorrosion, uma entidade governamental) é obrigatória em França e uma das mais respeitadas referências na Europa neste campo.
SNCF, Caminhos de Ferro Franceses ES301 aprovado como sistema de pintura para pontes metálicas utilizando hidrojateamento como método de preparação de superfície.

Tabela 2 – Qualificações e Certificações do sistema ES301

Histórico da aplicação do ES301

Apesar de se apresentar como um conceito "novo", pelo menos aos olhos de muitos dos potenciais clientes, o sistema ES301 já foi aplicado em milhões de m^2 um pouco por todo o mundo. Só para projectos da Petrobras e da Transpetro estima-se que esta utilização já ultrapasse hoje os 4 milhões de m^2. A dimensão desta adopção e a repetida utilização pelos primeiros adoptantes da tecnologia (quer empresas como a Petrobras ou US Navy quer grandes estaleiros no Brasil, Singapura, Coreia, Estados Unidos, etc) significa que o conceito (na maioria das vezes utilizando o hidrojateamento UHP como preparação de superfície) tem respondido devidamente às expectativas criadas pela Euronavy quando começou a promover o sistema ES301.

Figura 6: Aplicação do ES301 no casco da P53 em Singapura. A conversão do casco decorreu em 2006-2007, a montagem dos módulos ainda decorre à data de redacção deste artigo. Mais de um milhão de litros de tinta Euronavy foram utilizados nesta plataforma (FPU) a todos os títulos notável.

Na figura 6 é relembrada uma das obras mais recentes que adoptou o sistema ES301. Para além dos clientes que foram pioneiros a adoptar esta tecnologia, como a Petrobras e a US Navy, observa-se hoje um alastramento da adopção a mais empresas e projectos. Entre os mais recentes exemplos contam-se a Queiroz Galvão (seleccionou o sistema ES301 para a obra em curso na Olinda Star), a Aker Floating Production (a FPSO Aker Smart 1, neste momento na fase final de conversão do casco, em Singapura utilizando exclusivamente o sistema ES301 e o hidrojateamento) e a Transocean (que seleccionou o hidrojateamento e o sistema ES301 para o tratamento integral dos tanques dos navios de perfuração Discoverer 534 em 2007 e Seven Seas em 2008). A Tabela 3 apresenta uma lista dos mais recentes projectos que utilizaram ES301.

[redacted]

Tabela 3 – Projectos utilizando o sistema ES301

Desempenho do ES301 após Exposição em Condições Reais

Apesar de ser um produto recente e inovador, na verdade já é possível, ter dados sobre o desempenho do sistema após uma exposição de longo prazo. O hiato de tempo considerado normalmente razoável para poder aferir a durabilidade de um sistema de pintura em tanques e extrapolar para o seu desempenho após um mínimo de 15 anos é normalmente dois a cinco anos.

No caso de clientes como a US Navy o registo de inspecções ao longo dos anos não está acessível, desde que não haja problemas, tendo os fornecedores da tinta que se contentarem com o indício indirecto do sucesso dessa exposição: o facto de continuarem a vender e de verem a certificação dos seus produtos ser reforçada, à luz das normas mais recentes. É o caso da Euronavy. Foi no entanto possível ter acesso aos dois relatórios de inspecção que a seu tempo muito contribuíram para reforçar a certificação do sistema ES301: o acompanhamento do USS Belleau Wood durante dois anos (tanques de lastro hidrojateados e pintados com o sistema ES301, inspecções após 6 e 24 meses) e do USS Detroit (espaços da maquinaria – bilges – pintados com ES301, inspeccionados após um ano). Em ambos os casos aplicou-se o sistema de duas demãos, sendo a segunda o ES301S com capacidade extra de edge retentgion (permite aplicar apenas um *stripe coat*). A pintura manteve-se sem qualquer sinal de falha precoce quando inspeccionada após o prazo estipulado, com os inspectores independentes contratados pela US Navy a assinalarem menos de 0.5% de "breakdown", maioritariamente devido a danos mecânicos.

Figura 7: Desempenho do ES301 sobre hidrojateamento no porta aviões USS Belleau Wood. A aplicação inicial ocorreu em 2000, ao cais, com o casco na água; a inspecção final foi feita em 2002. Fotos: CES Inc.

Um exemplo mais recente, e de exposição mais prolongada (5 anos e sete meses), ocorreu no navio tanque Ataúlfo Alves da Transpetro. Os tanques de carga de crude 1 a 6 (bombordo e estibordo) foram pintados em 2002 em Singapura (Sembawang Shipyard) com duas demãos de ES301, com a espessura seca total de 300 microns. Em Janeiro de 2008 os tanques foram cuidadosamente inspeccionados em toda a sua área. A pintura apresentou-se intacta em todos os tanques, como nova, sem qualquer falha à excepção de um descolamento de cerca de 0,3 m^2 sob uma serpentina. Não é possível sequer estabelecer uma percentagem de *breakdown* (pontos de corrosão como % da área total), porque não há um ponto sequer de corrosão. É um resultado que ultrapassou as expectativas, que já eram elevadas, e que a Figura 8 ilustra. Um relatório de inspecção formal da ABS corrobora as observações.

Figura 8: Várias fotos tiradas no decurso da inspecção do navio Ataúlfo Alves no estaleiro Sermetal, Rio de Janeiro, Brasil, Janeiro de 2008. Mesmo as zonas mais críticas (soldaduras, quinas, poço) apresentam-se livres de falhas mais de cinco anos após a aplicação.

AS NOVAS EXIGÊNCIAS E SEU IMPACTE NOS CUSTOS

Na introdução deste artigo foi referido o desafio colocado pela entrada em vigor do PSPC, a nova norma da IMO para a pintura de tanques de lastro na fase de nova construção. Estas normas aplicam-se obrigatoriamente a todos navios com mais de 500 toneladas brutas cujo contrato de construção seja assinado a partir de 1 de Julho de 2008, ou cuja quilha for assente a partir de 1 de Janeiro de 2009 ou cuja entrega seja feita a partir de 1 de Julho de 2012. No entanto, para os navios que pretendam ser classificados de acordo com as CSR (as regras comuns de classificação para navios tanques e graneleiros acordadas pela IACS em 2006), os princípios da PSPC aplicam-se já hoje, a projectos cujos contratos tenham sido assinados desde Dezembro de 2006. A entrada em vigor da PSPC pretende garantir uma durabilidade de 15 anos para o sistema de pintura nos tanques de lastro dos novos navios. Para o efeito exige a pré-qualificação dos sistemas de pintura que podem ser utilizados, para além de cuidados especiais na preparação de superfície, na utilização de *shop primers*, no controle da humidade ambiental durante a aplicação e no pré-tratamento do aço. Assinalaremos aqui as principais exigências da PSPC (recomendando-se no entanto a leitura integral do documento [22]).

- **Tipo de tinta.** Exigido epóxi. Outros tipos serão considerados "alternativos": a sua aceitação é possível se passarem os testes de pré-qualificação mas com maior grau de exigência.
- **Pré-qualificação do sistema de pintura**. Só podem ser usados esquemas de pintura que à data de entrada em vigor do PSPC já tenham sido testados e aprovados pelo método do Anexo 1 do PSPC (um desenvolvimento do Marintek Test, simulando as condições de exposição acelerada num tanque de lastro) ou equivalente, ou que comprovadamente se mantenham num estado "*GOOD*" (*IMO Resolution A744*) após 5 anos de exposição em serviço.
- **Espessura.** Prescreve 320 microns de espessura seca, controlada usando a regra 90/10.
- **Preparação primária e primário de pré-construção (*shop primer*).** Sa 2 ½ (ISO8501-1), perfil de rugosidade 30 a 75 microns (ou o recomendado pelo fabricante da tinta, se superior), humidade abaixo dos 85%. Teor de sais solúveis abaixo de 50 mg/m^2 (equivalente de NaCl, método condutimétrico ISO8502-9). Primário de pré-construção à base de silicato de zinco ou equivalente.
- **Preparação secundária.** As quinas do aço devem ser arredondadas a um raio com um mínimo de 2 mm e os salpicos e outras imperfeições da solda devem ser removidas (tendo como referência a ISO 8501-3 grau P2). Todas as zonas de soldaduras ou onde o primário de pré-construção se apresente danificado têm de ser decapadas com abrasivo ao grau Sa 2½. No caso do primário de pré-construção não ser pré-qualificado, terá de ser removido também: Sa 2, com abrasivo (70% da tinta é removida). No caso de o primário de pré-construção estar qualificado, ele pode ser mantido mediante uma limpeza com abrasivo (*sweeping*), ou com água a alta pressão ou outro método equivalente, antes da aplicação do sistema de pintura final. Aplicam-se de novo os limites acima referidos para o teor de sais solúveis e para o perfil de rugosidade.

A utilização de sistemas convencionais, inclusivamente sem qualquer preocupação específica com a tinta a utilizar (à excepção do seu baixo custo...) e sem a preparação devida do aço, foi a opção trilhada com frequência nos últimos anos, resultando em abundantes exemplos de falhas precoces (2 a 5 anos após a construção). A entrada em vigor da PSPC vai inviabilizar essa opção. Como resultado, os custos vão disparar [32]. Para além do mais, o PSPC centra-se apenas no aspecto da durabilidade, sem qualquer preocupação com os custos ambientais, não impondo limitações à libertação de voláteis (VOC) e recomendando o uso de abrasivo. Mas esses aspectos são cada vez mais penalizadores do custo, por pressão de regulamentos estatais. No limite, poderiam mesmo inviabilizar a aplicação da PSPC (por exemplo ao proibir a decapagem com abrasivos), não fosse uma série de reconfortantes menções da IMO relativas à abertura a opções "equivalentes" e à intenção de não tornar a PSPC um obstáculo à inovação (ver próximo capítulo).

A Tabela 4 apresenta os principais impactes da PSPC nos custos do estaleiro. Este impacte é analisado no que respeita apenas aos procedimentos de preparação do aço, decapagem e pintura (aspectos como a necessidade de produzir um "*Coating Technical File*" e de usar inspectores qualificados no mínimo pela NACE Level 2 ou equivalente não são considerados nesta análise).

Requisito	Impacte
Tinta Pré-qualificada	Admite-se que esta exigência aumente o custo médio das tintas utilizadas. Sistemas com desempenho bom em tanques de lastro passíveis de pré-qualificação terão que apresentar, eventualmente, uma relação resina-pigmento mais alta (PVC mais baixo), não deverão poder usar pigmentos mais económicos nem recorrer a outras tácticas de abaixamento de custos através da fórmula da tinta, infelizmente tão comuns no mercado.
Preparação de superfície primária	A necessidade de perfil de rugosidade apontada pelo PSPC (mínimo 30 microns) não é especialmente exigente. Para a maioria dos esquemas de pintura tradicionais será insuficiente... De qualquer forma a exigência a este nível implica um mínimo de cuidado com a operação nas câmaras automáticas de decapagem. A reciclagem de abrasivo pode ser limitada para evitar a diminuição da dimensão das partículas ao ponto de afectar a rugosidade obtida.
Primário de pré-construção	A exigência de um silicato de zinco pelo PSPC é questionável (apesar da abertura a "equivalentes"). Não introduz "*per se*" um aumento de custo por se tratar de uma prática comum nos estaleiros de hoje e por existirem no mercado bons produtos, presumivelmente qualificados ou qualificáveis pelo PSPC, a preços competitivos graças à diminuição do teor de zinco que incorporam (para permitir diminuir a toxicidade dos fumos libertados na soldadura). No entanto, como veremos mais adiante, a utilização de zinco pode trazer constrangimentos ambientais e de desempenho que a PSPC poderá não ter antecipado devidamente.
Preparação secundária	A exigência de decapagem com abrasivo (uma vez mais, é suposto que métodos equivalentes serão autorizados, se o sistema de pintura o permitir) é um dos principais factores de custo da aplicação da protecção de forma conforme com a PSPC. Mesmo usando um primário de pré-construção qualificado, em termos práticos o uso de abrasivo nos blocos para decapagem das zonas danificadas ou nas soldaduras vai danificar seguramente a maioria das áreas. Dependendo da área e do tipo de bloco, é comum ter de se decapar a grande maioria do primário de pré-construção, mesmo o que originalmente estaria em bom estado mas que entretanto foi danificado por ricochete do abrasivo. Por outro lado a exigência da remoção das salpicaduras de solda vai aumentar a tendência do estaleiro em fazê-lo com a projecção de abrasivo, aumentando o seu consumo e os danos de ricochete. Para além do custo do abrasivo propriamente dito, o estaleiro terá de arcar com os custos de lidar com uma quantidade enorme de resíduos industrial perigosos, 20 a 60 Kg/m^2 de abrasivo usado (conforme a área tratada).
Tratamento do aço	O arredondamento das arestas para raios de 2 mm no mínimo (o que não se conseguirá com menos de 3 passagens de esmeril, grau P2 de acordo com ISO8501-3) vai impor um custo naturalmente muito elevado, para além do consumo de tempo.
Controle de humidade	Desde os passos de decapagem até à aplicação da tinta todo o trabalho tem de decorrer sob humidades relativas do ambiente inferiores a 85%. Este factor limita as actividades fortemente, em função das condições atmosféricas e altura do dia (ou da noite), ou obriga ao uso de câmaras de pintura onde os blocos são acondicionados para a preparação secundária e pintura final. Neste último caso os custos de investimento e de energia são de monta.

Tabela 4 – O custo de cumprir com a PSPC

BOA NOTÍCIA: A PSPC NÃO TRAVA A INOVAÇÃO E ADMITE ALTERNATIVAS

Alguns requisitos da PSPC, como a recomendação de primários de pré-construção com zinco, o uso da decapagem por abrasivo e a pré-qualificação dos sistemas de pintura através do "teste das ondas" popularizado pelo laboratório Marintek não devem ser considerados dogmas. Os autores fazem esta afirmação com base no espírito de abertura reflectido na primeria página da própria PSPC, na menção a "equivalentes" mais à frente no texto da mesma e nos vários comentários publicados sobre o tema por sociedades classificadoras. Exemplos:

- **Extraído da PSPC, pag.1:** *RECOGNIZING that the Performance standard for protective coatings referred to above is <u>not intended to inhibit the development of new or novel technologies</u> which provide for alternative systems,(…) INVITES Governments to <u>encourage the development of novel technologies aimed at providing for alternative</u> systems and to keep the Organization advised of any positive results.*
- **Extraído da PSPC, pag.8:** *Table 1 / 1.3. Coating pre-qualification test: Epoxy-based systems tested prior to the date of entry into force of this Standard in a laboratory by a method corresponding to the test procedure in annex 1 <u>or equivalent</u> (…)*
- **Extraído da PSPC, pag.9:** *Table 1 / 2.3. Shop Primer: Zinc containing inhibitor free zinc silicate based <u>or equivalent</u>.*
- **Extraído da PSPC, pag 14 (Appendix 1):** *To facilitate innovation, alternative preparation, coating systems and dry film thicknesses may be used when clearly defined.*
- **Extraído de artigo apresentado pela RINA, pag.5 [27]:** *The Coating Performance Standards do not intend to exclude new products provided that there is a documented demonstration that they ensure at least an equivalent level of corrosion prevention performance.*

É bom ter presente esta abertura (e é bom que as sociedades classificadoras a tenham em conta...) para garantir que o PSPC não se torne num travão à evolução dos sistemas a aplicar ou que se torne um pesadelo em termos de custos. Este artigo não é o primeiro a lançar este alerta e a clamar pela necessidade de inovar, principalmente ao nível da tecnologia de tintas (mas também dos métodos de aplicação e das técnicas de manuseamento dos blocos nos estaleiros). Eliasson e Towers [32] fazem uma retrospectiva da forma como a pressão dos custos levou ao longo dos tempos a um declínio da qualidade da protecção anticorrosiva dos tanques e relembram como as principais exigências da PSPC contrariam essa forma "fácil" de competir. Esses autores concluem pela necessidade de inovar para fazer face a este desafio, sugerindo pistas tal como tintas sem limitações de humidade ou tintas com boa aderência sobre as faixas de soldadura dos blocos (que de acordo com a PSPC vão continuar a poder ser tratadas por ferramentas mecânicas...).

Neste espírito, o presente artigo apresenta de seguida as alternativas possíveis ou desejáveis às regras do PSPC, na opinião dos autores. Às Sociedades Classificadoras caberá a responsabilidade de avaliar devidamente estas alternativas, dentro do espírito declarado pelas mesmas e pelo próprio texto da PSPC.

<u>Alternativas possíveis no âmbito do PSPC: testes equivalente ao "Marintek"</u>

Como exemplo de alternativas aos testes do tipo Marintek (tal como é definido no PSPC, Anexo 1) temos o recurso a testes cíclicos de 2 x 4200 h definidos pela NAVSEA/US Navy na MIL-PRF 23236C [24] (que aceita ambas as opções, quer o Marintek com classificação B1

quer o ciclo definido pela própria norma MIL). Este tipo de testes é prescrito pela MIL-PRF 23236C para a aprovação de sistemas pela Classe 7 (tanques de lastro, para 20 anos de durabilidade).

Outro exemplo é o CENPES/Petrobras, que recorre a testes cíclicos diferentes do da Marintek (como o da norma NORSOK M501 ou outro desenvolvido internamente) como forma de testar sistemas de pintura para serviços de 25 anos em plataformas offshore [30].

Alternativas desejáveis no âmbito do PSPC: dispensa do zinco

A utilização de primários de pré-construção contendo zinco, prescrita pelo PSPC, é uma "exigência" que tem os dias contados. Se não existissem opções poderia vir a constituir também um travão importante à melhoria simultânea da protecção ambiental, desempenho e custos que este artigo defende. Na realidade o Zinco tenderá a seguir o caminho do chumbo e dos cromatos, o primeiro completamente proibido como componente de tintas, os segundos tão limitados que se podem considerar fora de uso também. O zinco, embora menos gravoso para a saúde humana, foi identificado como nocivo para o ambiente aquático. As tintas contendo zinco na sua formulação estão obrigadas desde 2005 na Europa a conter na embalagem e nas Fichas de Segurança as frases de risco "R50: Muito tóxico para os organismos aquáticos" e "R53: Pode causar efeitos adversos de longo prazo no ambiente aquático". As suas embalagens têm de ser rotuladas com o símbolo apresentado na Figura 9.

Figura 9: Rótulo correspondente às frases de risco R50 e R53, que obrigatoriamente têm de identificar as embalagens de tintas com zinco.

A qualificação de tintas "*Type VII*" pela MIL-PRF 23236C, por exemplo, não permite o uso de zinco, também por motivos de impacte ambiental.

Embora ajudando a formular excelentes primários de pré-construção inorgânicos para protecção temporária, a presença de zinco aumenta os riscos a que a protecção anticorrosiva é exposta, para além dos acima mencionados problemas ambientais.

Um dos riscos é o da cor dos produtos da oxidação do zinco, a "ferrugem branca". Os óxidos de zinco que se formam durante a exposição do mesmo ao longo dos meses em que decorre a construção metálica têm que ser cuidadosamente removidos durante a preparação de superfície secundária. Qualquer vestígio que se mantenha na superfície do aço vai comprometer a aderência do sistema de pintura final. Infelizmente os óxidos brancos de zinco são muito mais difíceis de detectar que os óxidos de ferro, cuja coloração amarela ou avermelhada são de detecção muito fácil.

Outro risco importante dá-se no caso, louvável, de o utilizador do navio decidir inertizar os tanques de lastro com os gases de exaustão das máquinas. Esta inertização permite ter o teor de oxigénio na atmosfera dos tanques abaixo de 5%, como tal fomentando um ambiente "redutor" em vez de "oxidante". A inertização está para as áreas emersas do tanque (ou quando este não contém lastro) como a protecção catódica está para as áreas imersas: quando há falha da tinta, a corrosão do aço exposto é travada. No caso da protecção catódica o aço exposto passa a ser um cátodo, sendo os zincos os ânodos, com a formação habitual de um precipitado branco de cálcio na zona exposta (cátodo). No caso da inertização, a forma habitual de óxido de ferro – Fe_2O_3 – é reduzida a magnetite, de cor negra – Fe_3O_4, com a corrosão a não alastrar para além da zona exposta. O problema está nos gases injectados nos tanques, provenientes do escape das máquinas. Se a depuração do SO_2 não for pelo menos dupla (em série), ou se não estiver a funcionar devidamente, o teor deste gás será alto e a atmosfera no tanque será muito ácida. Perante um ambiente ácido o zinco dissolve-se. No limite a dissolução do zinco poderia alastrar para além da zona exposta, sob a película, e provocar a falha completa do sistema de pintura. Este problema também se pode colocar nos tanques de carga de crude, onde a camada de água que se acumula sob o crude e em contacto com o aço do fundo do tanque é normalmente muito ácida.

Como corolário do que foi dito sobre o zinco, os autores recomendam o uso alternativo de primários de pré-construção orgânicos, pigmentados com óxido de ferro, como alternativa aos silicatos de zinco referidos pela PSPC em tanques. Naturalmente estes primários de pré-construção terão de ser aprovados pela classe (*Type Approval* comprovando a sua compatibilidade com a soldadura) e compatíveis com o sistema de pintura final. Outra alternativa seria a remoção integral do primário de pré-construção de zinco de todas as superfícies internas de tanques, antes da aplicação do sistema de pintura final, para reduzir os riscos atrás descritos.

Alternativas desejáveis no âmbito do PSPC: utilização do hidrojateamento

Apesar da PSPC fazer menção à decapagem abrasiva ao grau Sa 2 ½, a preparação secundária do aço poderá ser feita alternativamente com hidrojateamento UHP ao grau WJ2 (SSPC SP12), nas zonas de soldadura ou com o primário de pré-construção danificado. Após consultas à Classe sobre este tema, os autores estão convictos que essa alternativa será autorizada. As restantes zonas do aço, com o primário de pré-construção intacto, podem ser tratadas conforme o PSPC prescreve, utilizando água a Alta Pressão. A utilização em exclusivo de água na preparação de superfície secundária terá como vantagem a obtenção de teores de sais solúveis na superfície mais baixos e a redução dos danos nas superfícies devido ao ricochete do abrasivo, como tal reduzindo a área total que necessita de decapagem integral. Também se calcula que o prazo de execução da decapagem e pintura de um bloco possa ser reduzido ao utilizar o hidrojateamento UHP: dispensa uma lavagem prévia das superfícies e a limpeza após o hidrojateamento é muito mais fácil e rápida (o abrasivo tem de ser retirado morosamente do interior do bloco e as superfícies cuidadosamente sopradas e aspiradas).

Alternativas desejáveis no âmbito do PSPC: admitir tolerância à humidade e à flor de ferrugem

A PSPC assinala as já tradicionais limitações de humidade à aplicação de tintas, quer em termos de humidade ambiente quer em termos de restrições de ponto de orvalho. Por outro lado, ao usar como única referência o padrão Sa 2 ½ para a preparação de superfície, não detalha nenhum grau de tolerância à flor de ferrugem, que pode ocorrer caso se recorra ao hidrojateamento. No caso de um sistema de pintura, aplicado e curado sob humidade próxima

dos 100% e sobre aço apresentando um determinado grau de flor de ferrugem, poder cumprir com o grau de desempenho exigido pela PSPC (tal como foi atrás referido [27]: "*documented demonstration that they ensure at least an equivalent level of corrosion prevention performance*"), então este tipo de tolerância deve ser aceite pela Classe durante a aplicação do produto. É o caso do ES301, aprovado pela MIL-PRF 23236C para a Classe 15b (sistema que pode ser aplicado sobre superfícies húmidas). Paralelamente, nos três casos acima dados como exemplos de exposição plurianual do sistema ES301 em tanques (USS Detroit, USS Belleau Wood e Ataúlfo Alves), o ES301 foi sempre aplicado sobre hidrojateamento UHP, sem limitações de humidade ambiente e tolerando um grau de flor de ferrugem até WJ2M (SSPC Vis 4).

A RESPOSTA DO SISTEMA ES301: IMPACTE NOS CUSTOS, AMBIENTE, PRAZO DE EXECUÇÃO E DESEMPENHO

A colaboração entre as várias partes envolvidas num projecto de nova construção para encontrar formas de reduzir os custos é um importante motor da inovação. Essas formas devem levar a poupanças de custo sem prejuízo da durabilidade de protecção e devem ser tecnicamente justificadas. Já vimos atrás que a Classe e a própria IMO declaram não pretender obstruir o caminho a esta evolução. Já existem bons exemplos de preocupação com os custos, face a normas impostas pela Classe, como por exemplo a iniciativa do *National Shipbuilding Research Program* (NSRP) dos EUA. Esta iniciativa [29] juntou estaleiros, a US Navy e fornecedores de tecnologias e processos num estudo que pretende reduzir os custos de aquisição e reparação de navios para a Marinha de Guerra dos Estados Unidos. Em termos genéricos (não se trata apenas da decapagem e pintura, claro) o documento reconhece que a implementação dos NVRs (*Naval Vessel Rules*, os equivalentes militares, nos EUA, das normas da Classe para os navios civis) pela Classe (a ABS no caso) "*invoca especificações MIL e normas NAVSEA antigas*". Esta prática é considerada como "*inibidora de ideias inovadoras que conduzam à poupança de custos, por obrigar a seguir procedimentos antigos, alguns com mais de 50 anos*". O NSRP recomenda no mesmo parágrafo que a US Navy (no caso da marinha mercante esse papel terá de ser representado pelos donos dos navios) deverá incentivar ideias novas que possam ser usados de forma efectiva no mercado, relembrando que a "*ABS é experiente na avaliação e aceitação destas novas soluções através dos seus processos de revisão*".

Este artigo concentra-se apenas nas normas da Classe para a pintura de tanques de lastro. No entanto achamos que o exemplo anterior se aplica: tal como o NSRP preconizaria, a Euronavy propõe uma inovação (o sistema ES301) que permite cumprir com os requisitos de durabilidade daquelas normas (as PSPC) ao mesmo tempo que ajuda a reduzir os custos envolvidos.

A utilização do sistema ES301 em projectos de grande envergadura, tanto em nova construção como em reparação ou conversão, já foi acima citada. Exemplos como a FPU P51, construída no Brasil, ou o casco da FPU P52, construído em Singapura, ou a conversão da FPU P53 e das FPSO P50, P54 e Aker Smart 1 forneceram abundantes dados sobre o impacte do uso do ES301 sobre os custos, graças às condições de aplicação que permite. Com base na experiência recolhida nesses projectos, explica-se de seguida qual o impacte do uso do sistema ES301, por comparação com a utilização de um sistema convencional obrigado à aplicação estrita da PSPC (decapagem com abrasivo, utilização de silicato de zinco, limitações de humidade, etc). Embora a preocupação seja os Custos, far-se-á um levantamento dos benefícios que podem ser alcançados também ao nível de Prazo de Execução (Tempo), Segurança, Saúde e Ambiente (SS&A) e Desempenho, para além da redução de custo, para cada passo da aplicação.

PASSO 1: Preparação de superfície primária e primário de pré-construção

Solução Convencional	Conceito ES301
Decapagem automática ao grau Sa 2 ½, perfil de rugosidade desejável 70 microns*, cloretos < 50 mg/m^2 (eq. NaCl), aplicação de primário de pré-construção silicato de zinco.	Idem ao grau Sa 2 ½, idem para o teor de sais solúveis. No entanto aceita perfil de rugosidade de 30 microns, e a aplicação de primário de pré-construção epoxídico pigmentado com óxido de ferro**.

BENEFÍCIOS DO CONCEITO ES301 NO PASSO 1	
CUSTO	Custos equivalentes para o primário e para a decapagem, para a mesma exigência de perfil de rugosidade. Mas na realidade o ES301 tolera menor rugosidade, o que pode baixar o custo da granalha (pode reciclar-se mais vezes).
TEMPO	Pode haver benefício se o perfil de rugosidade exigido for menor.
SS&A	Ao dispensar-se a presença de zinco está simultaneamente a minorar os riscos para a saúde dos soldadores e a a reduzir o impacte ambiental na vida aquática, a prazo.
DESEMPENHO	Reduz-se o risco de falhas devido à não detecção de óxidos brancos de zinco na pintura dos blocos ou por ataque ácido ao zinco exposto, nos tanques inertizados.

* A PSPC prescreve 30 a 75 microns, o que resultou de um compromisso que na opinião dos autores é inaceitável para muitas das tintas tradicionais para tanques de lastro, eventualmente com aprovação B1 (DNV – Marintek) mas que carecem de 50 ou mesmo 70 microns de rugosidade para alcançar os niveis de aderência exigidos e a durabilidade pretendida.

** Primário de pré-construção PE31, *Type Approved* pela DNV (Certificado Nº K-2751)

PASSO 2: Preparação do aço

Solução Convencional	Conceito ES301
Eliminação dos salpicos de solda e arredondamento das arestas vivas do aço para um raio de 2 mm, conforme ISO 8501-3 P2 (três passagens de esmeril).	Utilização como segunda demão da variante ES301S (elevada *edge retention*) tolera aligeiramento do arredondamento das arestas (uma passagem do esmeril é suficiente).

BENEFÍCIOS DO CONCEITO ES301	
CUSTO	O custo de tratamento do aço é drasticamente reduzido, eventualmente para cerca de um terço considerando a poupança de mão-de-obra ao reduzir de três para uma as passagens de esmeril.
TEMPO	A celeridade com que o tratamento do aço pode ser efectuado triplica.
SS&A	----
DESEMPENHO	A espessura de uma tinta *edge-retentive* sobre arestas tratadas com uma passagem de esmeril é pelo menos equivalente à espessura alcançada por uma tinta tradicional sobre uma aresta com curvatura de 2 mm.

PASSO 3: Preparação de superfície secundária

Solução Convencional	Conceito ES301
Decapagem ao grau Sa 2 ½ nas soldaduras e áreas danificadas, perfil de rugosidade desejável 70 microns (ver comentário anterior), cloretos < 50 mg/m^2 (eq. NaCl), passagem de abrasivo (*sweep blasting*) ou lavagem com água a Alta Pressão das zonas com primário de pré-construção intacto. Controle de humidade durante a decapagem. Flor de ferrugem não tolerada.	Hidrojateamento UHP ao grau WJ2. Idem para o teor de sais solúveis. Tolera flor de ferrugem ao grau WJ2M Aceita perfil de rugosidade de 30 microns. Dispensa controle de humidade durante a hidrojateamento.

BENEFÍCIOS DO CONCEITO ES301	
CUSTO	Sempre que o mercado onde o estaleiro se insere disposer de uma oferta razoável de aplicadores com hidrojateamento UHP, este método será mais económico do que a utilização de abrasivo. Outras poupanças: menor custo de gestão dos resíduos e ausência de custos energéticos associados ao uso de desumidificadores. Investimento em pavilhões fechados para decapagem e pintura dos blocos pode ser reequacionado.
TEMPO	O hidrojateamento e pintura da primeira de mão no bloco faz-se mais rapidamente do que quando se utiliza abrasivo. Nos estaleiros de Singapura calcula-se que num bloco com um total de 2000 m^2 o prazo de execução desta acção possa ser encurtado em 1 ou 2 dias. Poupa-se o passo de lavagem inicial e encurta-se o tempo necessário para limpeza após a decapagem. Adicionalmente a hidrojateamento não colide com outro tipo de trabalhos, enquanto o uso de abrasivo torna impossível trabalhar na vizinhança.
SS&A	A vantagem do hidrojateamento é óbvia no capítulo do ambiente (dispensa do abrasivo) e da saúde (a projecção do abrasivo é nociva não só para quem a respira no estaleiro mas também, eventualmente, para a população na vizinhança).
DESEMPENHO	As vantagens do hidrojateamento, desde que utilizando o sistema de pintura correcto, prendem-se com a maior redução do teor de sais solúveis na superfície e com o facto de não afectar o perfil de rugosidade proveniente da preparação primária.

PASSO 4: Aplicação da tinta

Solução Convencional	Conceito ES301
Tintas base solvente (consumo esperado de 0,85 L/m^2 com 50% de perdas para 320 microns); Humidade < 85%.	Sem solventes, tolera humidade (100%); Sem restrições de ponto de orvalho. Consumo esperado de 0,64 L/m^2 (320 microns, 50% perdas).

BENEFÍCIOS DO CONCEITO ES301	
CUSTO	Menor consumo de diluentes (o ES301 não necessita de diluição) e solventes de limpeza (ver abaixo); Poupa-se também a necessidade de usar o desumidificador ou de recorrer a espaços fechados.
TEMPO	Pulverizar menos 30% de tinta para a mesma espessura, sendo o ES301 amigável em termos de viscosidade e *pot-life*, reflecte-se seguramente numa maior rapidez de aplicação.
SS&A	Resíduos da pintura (embalagens, produtos das lavagens, uso de solventes de limpeza) são 30% inferiores no caso do ES301 (proporcionalmente ao menor consumo de tinta).
DESEMPENHO	Informação detalhada sobre o desempenho do sistema ES301 e sua comparativa superioridade (aderência, por exemplo) relativamente a esquemas convencionais já foi fornecida neste artigo.

PASSO 5: Reparações após junção dos blocos

Solução Convencional	Conceito ES301
Preparação mecânica St3 ou decapagem abrasiva Sa 2 ½ das soldaduras e queimados. Tintas apresentam um grande alastramento da chama no decorrer da soldadura. As zonas reparadas são normalmente a principal fonte de falha durante o serviço do navio (falta de aderência da tinta sobre a preparação mecânica)	Preparação mecânica St3 ou hidrojateamento ao grau WJ2 das soldaduras e queimados. ES301 apresenta uma boa resistência ao alastramento da chama no decorrer da soldadura. A aderência sobre superfícies tratadas mecanicamente (com perfil de rugosidade reduzido) mantém-se a bons níveis.

BENEFÍCIOS DO CONCEITO ES301	
CUSTO	A extensão das áreas afectadas pelas soldaduras é menor.
TEMPO	Sendo a área afectada menor, seguramente o prazo de execução das necessárias reparações (tratamento de superfície e pintura) é menor.
SS&A	Para além do alastramento da chama ser menor, também a quantidade de fumos libertados ao queimar o filme de ES301 é inferior ao da maioria das tintas tradicionais (ASTM E84-01, *Rating* A pela NFPA Nº101).
DESEMPENHO	Minorar a área a reparar reduz o risco de falha. Ainda assim o ES301 garante sobre estas áreas um melhor desempenho do que o normalmente observado, dado a sua boa aderência mesmo quando a rugosidade é baixa.

Embora o impacte sobre o custo dos vários factores atrás mencionados poder variar de mercado para mercado (conforme as leis de protecção ambiental aplicáveis no país ou a oferta existente de aplicadores com hidrojateamento) não deixa de ser interessante fazer um exercício com um caso concreto. O exemplo é o de Singapura, onde existe uma oferta razoável de aplicadores de hidrojateamento e uma legislação de protecção ambiental que obriga a que os resíduos da decapagem com abrasiva sejam recolhidos e tratados como resíduos industriais perigosos. A Tabela 5 quantifica as diferenças de custo passo a passo do processo (em dólares de Singapura por metro quadrado de superfície tratada, SGD/m^2). Os valores mencionados são plausíveis, de acordo com a experiência dos autores, na sequência de numerosos contactos com estaleiros e aplicadores em Singapura. Para além dos benefícios de custo tangíveis, ou seja, traduzíveis em valores concretos, o conceito ES301 permite ao estaleiro beneficiar também noutros aspectos, quiçá ainda mais importantes (como o encurtamento dos prazos de execução) mas difíceis de contabilizar numericamente.

EURONAVY vs TRADICIONAL **(custos para o estaleiro)**	**SGD/m^2**
Custo da tinta	+ 5.80
Preparação de superfície primária	0.00
Primário de pré construção	0.00
Preparação de superfície secundária	- 4.00
Arredondamento das arestas (1 vs 3 passagens de esmeril)	- 10.00
Tratamento do resíduo abrasivo (30 Kg/m^2 @ 80 SGD/ton)	- 2.40
Consumo de água	+ 0.50
Energia e contenção para controlo de humidade	- 2.00
Stripe coat (menos um *stripe coat* com ES301)	- 0.75
POUPANÇA TANGÍVEL COM EURONAVY	**- 11.35 SGD/m^2**
Diminuição da área danificada após juntar blocos	?
Encurtamento de prazos de execução	?
OUTROS BENEFÍCIOS INTANGÍVEIS	**?**

Tabela 5 – Comparação de custos entre aplicação do sistema ES301 e a aplicação de um sistema de pintura tradicional.

PRÓXIMOS PASSOS

Por "próximos passos" entenda-se o prolongamento do processo de desenvolvimento do sistema ES301, para além do produto ES301 básico. A Tabela 6 enuncia essas características básicas e as inovações adicionais introduzidas mais recentemente. Duas destas inovações incrementais já foram introduzidas no sistema ES301 descrito neste artigo: características de *edge retention* reforçadas e certificadas e a capacidade acrescida de resistência ao fogo. Outras duas estão disponíveis opcionalmente na oferta da Euronavy, para os clientes que delas pretendam beneficiar: a introdução na tinta de aditivos sensíveis aos Ultra Violeta que

permitem a inspecção por luz negra e o fornecimento de versões de cura rápida para aplicação por bombas de pintura *airless* com segregação dos componentes (*plural airless pump*).

Características básicas dos produtos ES301	• Sem solventes • Tolerante à humidade • Tolerante de superfície • Elevada aderência ao substrato • Edge retention
Características adicionais (inovações incrementais posteriores)	• *Edge retention* adicional e certificado (ES301S) • Resistência à propagação da chama e menor libertação de fumos ao queimar. • Versão de cura rápida para aplicação por airless "plural" • Versão com aditivo sensível aos Ultra Violetas para permitir inspecção com recurso a luz negra.

Tabela 6 – O ES301: características básicas e o que há de novo

Os benefícios da utilização do ES301S (*edge retention* reforçado) já foram abordados acima, nomeadamente o seu impacte na poupança de custos (diminuição do número de *stripe coats* e do grau de exigência do boleamento das arestas). O reforço da resistência à propagação da chama é uma característica introduzida universalmente em toda a gama ES301 comercializada, e os benefícios deste melhoramento também já foram abordados.

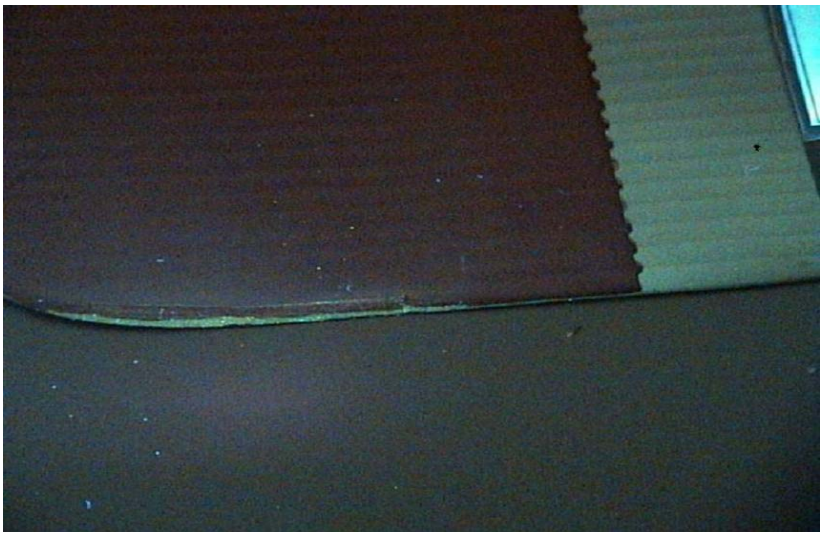

Figura 10: a primeira demão de ES301 contém aditivos que ao serem iluminados por luz UV tornam a película luminescente. Desta forma qualquer falha de cobertura do aço é assinalada por pontos negros. Pelo contrário, ao usar na segunda demão o ES301 sem aditivo, qualquer falha de cobertura será assinalada por pontos luminescentes, que brilham onde a primeira demão ficar mal coberta.

A versão que permite a inspecção por luz negra (UV) descrita na Figura 10, que já é fornecida à Marinha dos EUA (US Navy), pode trazer os seguintes benefícios:

- DESEMPENHO: inspecção mais fiável vai minorar o risco de falhas.
- CUSTO e PRAZO: as inspecções são mais rápidas e como tal o custo baixa.
- SEGURANÇA E SAÚDE: menor risco para o inspector (menor recurso a acessos).

A utilização de versões de cura rápida implica a utilização de equipamentos especiais "*plural*" (bombas *airless* que segregam a base e o agente de cura, procedendo à mistura apenas no momento da pulverização ou em linha, pouco antes da pistola). Traz vantagens importantes, particularmente para novas construções, em termos de prazo necessário para aplicação de um sistema completo de duas demãos, com intervalos entre demãos muito reduzidos (o sistema inteiro pode ser aplicado em menos de 12 horas).

CONCLUSÕES

Este artigo defende que a resposta às novas exigências de controlo ambiental e de durabilidade dos sistemas de pintura só se consegue fazer com a tecnologia actual de tintas aceitando-se um aumento importante dos custos totais de aplicação e uma penalização dos prazos de execução. O exemplo mais relevante de "novas exigências de desempenho" é a entrada em vigor das regras da IMO PSPC para a pintura de tanques de lastro, que ainda assim apresenta alguns graus de liberdade que na opinião dos autores não deveriam existir (por exemplo a utilização de zinco ou a aceitação de um perfil de rugosidade de 30 microns). Neste contexto as conclusões principais do artigo são:

1. Já existe uma tecnologia de tintas que consegue responder de forma mais eficiente à conjunção de exigências ambientais e de desempenho (PSPC). Essa tecnologia é o sistema de pintura ES301, que permite o uso de hidrojateamento como método de preparação de superfície, alternativa ao uso de abrasivo.
2. Analisando o enunciado da própria IMO PSPC e de textos publicados por outras fontes, inclusive por membros das sociedades classificadoras, concluí-se que a Classe poderá aceitar métodos alternativos de tratamentos de superfícies, produtos e regras de aplicação, caso a durabilidade dos mesmos seja comprovada.
3. Existe evidência suficiente sobre o facto de essa tecnologia permitir métodos mais económicos de aplicação mantendo um elevado desempenho, pelo menos ao nível do exigido pela PSPC (15 anos de durabilidade). Concluí-se da análise dos dados acima transmitidos que o sistema ES301 permite durabilidades muito elevadas. Concluí-se também os méritos desse sistema em termos de custo, através de uma análise qualitativa (e de um exemplo quantitativo) das poupanças de custo do sistema ES301 comparativamente com a aplicação estrita da PSPC com tintas tradicionais.

Para que estaleiros e armadores possam beneficiar dos processos de inovação lançados pelos fabricantes de tintas, os autores sugerem três passos:

- O primeiro passo para que a indústria naval beneficie da abordagem aqui defendida ou de outras que possam ser igualmente vantajosas será a colaboração dos armadores e dos estaleiros com os fabricantes de tintas na tarefa de garantir a abertura das sociedades classificadoras à mudança. No fundo, pretende-se que a Classe se mantenha aberta à inovação, tal como a própria PSPC pretende.

- O segundo passo será quebrar o problema da "galinha e do ovo" associado à implementação de inovações que carecem de investimentos distintos dos habituais, como o hidrojateamento. Para tal será necessária uma estratégia clara dos estaleiros que *a priori* privilegie o investimento em máquinas de hidrojateamento, em *layout* de estaleiros que maximizem as vantagens de sistemas de pintura tolerantes sem limitações de humidade, em equipamentos de aplicação específicos (caso das máquinas *airless plural*), etc.
- Finalmente, o terceiro e mais importante passo: que surja no panorama mundial um bom exemplo que motive todo o mercado. Na opinião dos autores, a indústria naval do Brasil é quem está mais bem colocada para dar esse exemplo, devido à conjunção de um número muito elevado de projectos programados para os próximos anos, da experiência passada usando com sucesso o conceito de pintura aqui defendido, e da fase de investimento em que se encontram muitas das infra-estruturas que se encarregarão das novas construções previstas. Este último aspecto é importante, por permitir às empresas envolvidas projectar o seu investimento de uma forma que maximize o aproveitamento dos novos conceitos de pintura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. M P PAIVA, J MARTINS, **An Edge-Retentive Coating Solution Based on a Tolerant Solvent-Free Epoxy System**, SSPC2000 Industrial Protective Coatings Seminar, Nashville, Tennessee, November 2000.

2. M. P. PAIVA, J. MARTINS, **An Edge-Retentive Coating Solution Based on a Tolerant Solvent-Free Epoxy System**, Protective Coatings Europe, Vol.7, Number 6, June 2002.

3. J. AZEVEDO, **Protecting Offshore Investments against Corrosion with Innovative Epoxy Technology**, OVERFLATEDAGENE 2003 The Surface Protection Conference & PCE Marine and Off-Shore Conference, Stavanger, Norway, November 2003.

4. J AZEVEDO, **A new approach for steel structures protection using UHP hydroblasting and a solvent-free and humidity tolerant epoxy system with edge-retentive properties**, EUROCORR 2005 The European Federation of Corrosion Conference, Lisbon, September 2005.

5. J AZEVEDO, **A New Approach For Ballast & Cargo Tank Coating: A Solvent-Free And Humidity Tolerant Epoxy System With Edge-Retentive Properties**. The Royal Institution of Naval Architects (RINA) Conference on Advanced Materials and Coatings, London, February 2006.

6. M. PAIVA, **Visão e Inovação : O Caminho para uma Tecnologia de Tintas Amiga do Ambiente, Saúde e Segurança**. Latincorr 2006, Congresso Latino Americano de Corrosão, Fortaleza, 21 a 26 de Maio de 2006.

7 M. PAIVA, **Inovação Em Protecção Anticorrosiva: Tecnologia Nacional Permite Novo Conceito De Pintura Ambientalmente Vantajoso**. Apresentado por Nuno Barreiros, X Jornadas de Engenharia Naval - Inovação e Desenvolvimento nas Actividades Marítimas, 21 e 22 de Novembro de 2006, Instituto Superior Técnico, Lisboa

8 SSPC/NACE Joint Surface Preparation Standard SSPC SP12/NACE Nº5 **Surface Preparation and Cleaning of Steel and other Hard Materials by High- and Ultrahigh-Pressure Water Jetting Prior to Recoating**.

9 MTTC Mc Connel Technology and Training Center, **Project Book Fleet Maintenance Reduction Program,– Epoxy Bilge Paints**. Spring 2006, pag. 13

10 E. D. THOMAS, A. A. WEBB, World **Class Tank Coating Materials, Practices, Procedures**, in: SSPC2000 Industrial Protective Coatings Seminar, Nashville, Tennessee, November 2000.

11 A. A. WEBB, B. BRINCKERHOFF, **Reducing Navy Fleet Maintenance Costs with High Solids Coating and Plural Component Spray Equipment**, Journal of Protective Coatings and Linings, March 2003

12 J. P. QUINTELA, A. T. M. SILVA, P. B. LEITE, **Ecological Paint Systems – The Petrobras View**, Corrosão e Protecção de Materiais, Vol. 21 (3) Jul/Aug/Sept 2002

13 J.P.QUINTELA, N.ALMEIDA, M.VIEIRA, G.VIEIRA, L.ESCUDERO, D.CLAYDON **Pintura De Unidades Offshore – Desafios Para Melhoria Da Qualidade E Redução Dos Custos De Manutenção,** 8ª COTEQ Conferência sobre Tecnologia e Equipamentos, Bahia 2005.

14. P. LE CALVÉ, P. MEUNIER, J. M. LACAM, **Evaluation of Reference Paint Systems after UHP Water Jetting**, Protective Coatings Europe, Vol.8, Number 1, January 2003.

15. K.B. TATOR, **Risk Assessment and Economic Considerations when coating Ballast Tanks**, April 2004.

16. J. T. JOSHUA, **Cost of Corrosion – Appendix O – Ships**, US Department of Transportation, Federal Highway Administration Report, 2001.

17. INTERTANKO, **Crude Oil Tanker Cargo Tank Corrosion – Update**, Cardiff, 24th October 2002.

18. J. ELIASSON, **Coating Ballast and Cargo Tanks on Ships: a Status Report**, Journal of Protective Coatings and Linings, July 2005.

19. P. MEUNIER, **The Experience of SNCF in Preparing Previously Painted Metal Surfaces by UHP Water Jetting**, Protective Coatings Europe, Vol.3, Number 9, September 1998.

20. Intertanko TSCF, Guidelines **for Ballast Tank Coatings Systems and Surface Preparation**, Witherbys Publishing, 2002.

21. IMO - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, **Performance Standards for Protective Coatings – draft**, 48th Session of sub-committee on Ship Design and Equipment, 19th November 2004.

22. IMO - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, **Resolution MSC.215(82), Performance Standard For Protective Coatings For Dedicated Seawater Ballast Tanks In**

All Types Of Ships And Double-Side Skin Spaces Of Bulk Carriers (PSPC), adopted on 8 December 2006.

23. IACS - INTERNATIONAL ASSOCIATION OF CLASSIFICATION SOCIETIES, **Procedural Requirement on Application of the IMO Performance Standard for Protective Coatings (PSPC), Resolution MSC.215(82), under IACS Common Structural Rules for Bulk Carriers and Oil Tankers**, December 2006.

24. NAVSEA – US NAVY'S NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND, **US Military standard MIL-PRF 23236C - Performance Specification Coating Systems for Ship Structures**, issued 12 August 2003.

25. EMSA – EUROPEAN MARINE SAFETY AGENCY, **Double Hull Tankers: High Level Panel of Experts – Report**, June 3rd 2005.

26. NAVSEA – US NAVY'S NAVAL SEA SYSTEMS COMMAND, **Preservation Process Instruction for Ballast Tanks, CHT Tanks, Compensating fuel tanks, high traffic interior decks (abrasive blasting)**, Document PPI 63101-001H Rev 06, March 10 2004.

27. ROBERTO CAZZULO, ANDY ALDERSON, **Performance Standards Of Coating In Ballast Tanks - Where A Class Society Could Help**, PCE Marine Conference 2006, Hamburg, 27 and 28th September 2006.

28. JOHNNY ELIASSON, DRAGOS RAUTA, **IMO Ballast Tank Coating Standard - What Does It Mean?**, PCE Marine Conference 2006, Hamburg, 27 and 28th September 2006.

29. NSRP, **Proposed Investment Strategy to Address the First Marine International Benchmarking Study Findings.** Submitted to DUSD (Industrial Policy) on March 31, 2005 by the Executive Control Board of the National Shipbuilding Research Program (updated August 1, 2005). Collaboration of 11 U.S. Shipyards teaming with Navy and suppliers on Technologies and Processes to Reduce the cost of Naval Ship Acquisition and Repair.

30. J. P. QUINTELA, C.A.REIS, S.A.GARRIDO, **Um Novo Cenário para Pintura de FPSO's,** 6º COTEQ Conferencia sobre Tecnologia de Equipamentos - 22º CONBRASCORR, Salvador – Bahia, 19 a 21 de agosto de 2002.

31. IACS - INTERNATIONAL ASSOCIATION OF CLASSIFICATION SOCIETIES, Recommendation 87 - **Guidelines For Coating Maintenance & Repairs For Ballast Tanks And Combined Cargo/Ballast Tanks On Oil Tankers,** June 2006.

32. RODNEY TOWERS, JOHNNY ELIASSON, **The Future of Ballast Tank Coatings**. NACE International Marine Coatings Summit, Shanghai October 2007.