

Copyright 2012, ABRACO

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

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

## **Preparação Interna Sustentável de Superfícies de Tubulações – Tecnologia Sponge-Jet**

**Eduardo Cardoso Garrido<sup>a</sup>, Miguel Roca Calza<sup>b</sup>, Nialdo Pereira dos Santos<sup>c</sup>, Felipe Moreno Souza Martins<sup>d</sup>, Fernando Manechini Calza<sup>e</sup>**

### **Abstract**

The present paper presents the results and discussions established in the tests developed to enable the application of microencapsulated abrasive inside polyurethane sponge media, reusable, clean, dry, low dust generation, in the internal pipes and connections (spools) blasting. The purpose of the test is to ensure proper surface preparation of the substrate with respect to the cleaning requirements of visible and invisible contaminants and an anchor profile generation with a focus on sustainability and environmental preservation. The tests enabled, in this stage, the evaluation of: The reached cleanliness (visual); The device ability of preparing curves (spools) surface; the obtained anchor profile (micrometers) measurement; the estimated required speed to drag the device (m/min); The Productivity Estimates (m<sup>2</sup>/h) and consumed sponge media (kg/m<sup>2</sup>); Verification of two of the three pillars of surface preparation (visible and invisible cleanliness and profiling – at this moment there was no measurement of invisible cleanliness) and issues relating to environment and sustainability.

**Keywords:** Surface Preparation, Internal Pipes Blasting, Sponge-Jet, Sustainability, Environment.

### **Resumo**

O trabalho visa apresentar os resultados e discussões estabelecidos nos ensaios desenvolvidos de modo a possibilitar a aplicação de abrasivo microencapsulado em esponja de poliuretano, reutilizável, limpa, seca e com baixa geração de pó, no jateamento interno de tubos e conexões (spools). O objetivo do ensaio é o de garantir a devida preparação superficial do substrato no que diz respeito aos requisitos de limpeza de contaminantes visíveis e invisíveis e a geração de um perfil de ancoragem com o enfoque da sustentabilidade e da preservação do meio ambiente. Os ensaios permitiram avaliar, nesta etapa do trabalho: O nível de limpeza atingido (visíveis); a capacidade do equipamento de jato em realizar a preparação superficial de curvas (spools); a medição do perfil de ancoragem obtido (micrometros); as estimativas de velocidade requerida de arraste do equipamento (m/min); as estimativas de produtividade (m<sup>2</sup>/h) e de esponja consumida (kg/m<sup>2</sup>); a verificação do respeito a 2 dos 3 pilares da preparação de superfície (limpeza de visíveis, invisíveis e perfilagem - neste momento não houve a medição de invisíveis) e a questões relacionadas ao meio ambiente e à sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Preparação de Superfícies, Jateamento Interno de Tubos, Sponge-Jet, Sustentabilidade, Meio Ambiente.

<sup>a</sup> Engenheiro de Aplicações – Expanjet Global

<sup>b</sup> Gerente Comercial – Expanjet Global

<sup>c</sup> Gerente Técnico – Expanjet Global

<sup>d</sup> Estagiário de Engenharia Mecânica – Expanjet Global

<sup>e</sup> Estagiário de Engenharia Mecânica – Expanjet Global

---

## Introdução

---

Populações crescentes, rápida urbanização, elevado grau de consumo: como resposta a esta demanda, unidades industriais e seus processos colocam uma pressão sem precedentes nos recursos do solo, água e ar (1; 2). Diante desse problema, reavaliar nossas próprias ações pode contribuir e muito.

A motivação para o estudo do jateamento interno sustentável de tubos por meio da tecnologia SPONGE-JET pela EXPANJET GLOBAL SOLUTIONS é oriunda principalmente do denominado “Comissionamento com Sustentabilidade”, em desenvolvimento desde 2011 pelo Técnico Bernardino Nilton do Nascimento quando de sua análise voltada para a economia de água da Refinaria RNEST, localizada em Pernambuco, Brasil: mais de 400 milhões de litros de água apenas para os testes hidrostáticos e limpeza de linhas (tubulações). Diante disso, houve a necessidade de se estabelecer um método de minimização deste impacto ao meio ambiente para a quantidade a ser consumida, descartada e tratada.

No que se refere à limpeza de curvas e tubulações, a soma das idéias e estudos do Técnico Bernardino Nilton do Nascimento as pesquisas e ensaios desenvolvidos pela EXPANJET GLOBAL SOLUTIONS voltaram-se para o aprimoramento do jateamento abrasivo seco para a superfície interior do tubo. Após algumas experiências chegou-se a um nível de preparação de superfície que exime o uso de qualquer tipo de produto químico, além de proporcionar uma grande economia de tempo, pois não é necessário que determinado sistema fique pronto para fazer tal preparação. Quando fabricado, o *spool* já seria jateado para se aplicar o anticorrosivo.

Depois de se ter os tubos montados, os testes hidrostáticos serão realizados com água tratada por uma estação de tratamento de água (ETA) compacta, com posterior aplicação do produto anticorrosivo e, por fim, armazenados em grandes reservatórios. Com essas ações estima-se a redução de um consumo de 16 milhões de litros de água para 120 mil litros apenas para as unidades HDT e UDA da Refinaria.

O presente trabalho apresenta os resultados e discussões estabelecidos nos ensaios de modo a possibilitar a aplicação do abrasivo microencapsulado em esponja de poliuretano, reutilizável, limpa, seca e com baixa geração de pó, no jateamento interno de tubos e conexões (*spools*). O objetivo é a garantia da devida preparação superficial do substrato no que diz respeito aos requisitos de limpeza de contaminantes visíveis e invisíveis e a geração de um perfil de ancoragem sob o enfoque da sustentabilidade e da preservação do meio ambiente.

---

## Metodologia

---

Ensaio estão sendo desenvolvidos pela EXPANJET GLOBAL SOLUTIONS, sediada em Camaçari, Bahia, de modo a possibilitar a aplicação da tecnologia por ela distribuída, SPONGE-JET, para o jateamento interno de tubos e conexões (*spools*). Foram levantados os seguintes benefícios associados ao jateamento abrasivo seco:

- Não utiliza os tradicionais produtos químicos (evita decapagem e desengraxamento): o sistema de jateamento Sponge-Jet incorpora a esponja uretana absorviva, utilizada para captura, absorção e remoção de contaminantes superficiais (óleos, graxas, compostos de chumbo, químicos e radionuclídeos) (3);
- Permite a limpeza durante o processo de fabricação de tubos e montagem dos *Spools*;

- Não gera efluentes;
- Permite trabalhos em paralelo;
- Adequa-se a tecnologias ambientalmente corretas tais quais PIGS e solução passivante;
- Reduz custos de armazenamento e transporte e, por conseguinte, de disposição;

Além disso, a SPONGE-JET oferece os seguintes benefícios quando comparada ao jateamento abrasivo seco ordinário:

- Reduzida geração de pó, emissões e partículas respiráveis (BP);
- Menores riscos ocupacionais e ambientais associados;
- Menor contaminação;
- Não gera ricochete;
- Menores custos associados ao armazenamento, transporte e disposição.

O objetivo do ensaio é o de garantir a devida preparação superficial do interior dos tubos no que diz respeito aos requisitos de limpeza de contaminantes visíveis e invisíveis e a remoção de contaminantes com o enfoque da sustentabilidade e da preservação do meio ambiente.

Tais ensaios têm sido conduzidos da seguinte forma:

- Montagem da estrutura de equipamentos: unidade alimentadora HP-100 (Figura 01), recicladora 35-P (Figura 02), mangueiras de jato e alimentação de ar, compressor com pressão de 7,0 kgf/cm<sup>2</sup>, vazão mínima de 375 CFM (9,2 m<sup>3</sup>/min) e picagem de 1 ½’’ – Tecnologia SPONGE-JET;
- Abrasivo microencapsulado com esponja de poliuretano reutilizável – Tecnologia SPONGE-JET – Silver 30 DG. O abrasivo Silver 30 DG (Figuras 03 e 04) combina o óxido de alumínio (dureza 9 Mohs), um dos abrasivos mais eficientes e duros do mundo, com a capacidade de reutilização e durabilidade da Sponge Media e diversos tamanhos de partículas para abranger praticamente todo tipo de aplicação. É constituído de grãos de óxido de alumínio #30;
- Bicos, acessórios centralizadores e sobressalentes para jateamento interno de tubos retos e spools – Fabricado por Empresa do Ramo (Figuras 05 e 06);
- Bicos, acessórios centralizadores e sobressalentes para jateamento interno de curvas de DN 4’’ e 6’’ – Aperfeiçoamento desenvolvido pela EXPANJET GLOBAL SOLUTIONS (Figuras 07 e 08);
- Disponibilidade de amostras de tubos e conexões para jateamento (Figura 09): fabricadas em aço carbono, DN 4’’ (Figuras 10 e 11) e 6’’, graus de corrosão A e D (Figuras 12 e 13), respectivamente;
- Consulta a Normas de Referência: N-9, Rev. F, 11/2010 – Tratamento de Superfícies de Aço com Jato Abrasivo e Hidrojateamento, ISO 8501-1:2007 – Preparation of steel substrates before application of paints and related products;
- Câmeras para filmagem e registro fotográfico;
- Estrutura simplificada de contenção e coleta de esponjas para posterior reutilização (Figuras 14 e 15);
- Análises visuais do nível de limpeza obtido;
- Medições por meio do Rugosímetro;
- Estimativas de Cálculo.

---

Os ensaios, realizados nos meses de dezembro de 2011 a fevereiro de 2012 permitiram avaliar, nesta etapa do trabalho:

- O nível de limpeza atingido (visíveis);
- A capacidade do equipamento em realizar a preparação superficial de curvas (spools);
- Medição do perfil de ancoragem obtido (microns);
- Estimativas de velocidade requerida de arraste do equipamento (m/min);
- Estimativas de Produtividade (m<sup>2</sup>/h);
- Estimativas de esponja consumida (kg/m<sup>2</sup>);
- Respeito aos 3 pilares da preparação de superfície (limpeza de visíveis, invisíveis e perfilagem);
- Respeito a quesitos relacionados ao meio ambiente e à sustentabilidade.

### **Resultados e discussão**

---

Os resultados obtidos até o mês de fevereiro de 2012 apresentam-se a seguir:

O nível de limpeza visível atingido Sa3 para tubulações até 6'' (Figuras 16 e 17);

A capacidade do equipamento em realizar a preparação superficial de curvas (spools) de 4'' e 6'' (Figuras 18 e 19);

O nível de limpeza visível atingido Sa3 para curvas (spools) de 4'' e 6'' (Figuras 20 a 22);

Medição do perfil de ancoragem obtido (micrometros): As esponjas Sponge-Jet do tipo DG (Double Grind) são as recomendadas para a utilização no equipamento de jateamento interno de tubos, devido à sua reduzida configuração, que impede o entupimento da ponta. Ao mesmo tempo, ao se trabalhar com a esponja de tamanho reduzido, tem-se o óxido de alumínio exposto, o que permite um contato maior do abrasivo com o substrato.

O abrasivo Silver 30 DG, composto por partículas de óxido de alumínio microencapsulados, é responsável por produzir um perfil de ancoragem aproximado de 75 micrometros. O abrasivo Silver 60 DG está sendo desenvolvido para produção de um perfil de ancoragem aproximado de 62,5 micrometros. O abrasivo Silver 320 DG gera um perfil de rugosidade menor que 12 micrometros.

Nos testes desenvolvidos foi utilizada a esponja Silver 30 DG, onde para as medições feitas com a amostra de 4'' (Figuras 23 e 24) encontrou-se os seguintes valores: 47 micrometros, 66 micrometros e 67 micrometros. Média de 60 micrometros;

Estimativas de velocidade requerida de arraste do equipamento (m/min) e estimativas de Produtividade (m<sup>2</sup>/h);

<b>Tabela 01 - Produtividade Estimada = 4 m<sup>2</sup>/h</b>			
<b>DN (")</b>	<b>Velocidade de Arraste (m/min)</b>	<b>Produtividade (m<sup>2</sup>/h)</b>	<b>Extensão de Tubo Jateada por Hora (m)</b>
3	0,28	4	17
4	0,21	4	13
6	0,14	4	8
8	0,10	4	6
10	0,08	4	5
12	0,07	4	4
14	0,06	4	4
16	0,05	4	3
18	0,05	4	3
20	0,04	4	3
24	0,03	4	2
26	0,03	4	2
30	0,03	4	2
36	0,02	4	1

Nota: A Expanjet Global ratifica que tais dados são apenas estimativas, não garantias.

Estimativas de esponja consumida (kg/m<sup>2</sup>): O consumo de esponja é relativo ao ambiente em que se encontra o substrato, e relaciona-se às seguintes características:

- a. Tipo de contaminação existente na peça;
- b. Diâmetro da peça;
- c. Grau de corrosão da peça;
- d. Pressão de aplicação do abrasivo;
- e. Distância do bico ao substrato;
- f. Diâmetro de abertura do bico;
- g. Grau de limpeza requerido;
- h. Densidade do abrasivo;
- i. Velocidade de Arraste do Bico.

Para uma estrutura plana no jato convencional, o consumo médio de esponja varia de (2 a 3,5) kg/m<sup>2</sup> (assumindo 8 reciclagens). Já para uma tubulação nova (grau de corrosão A), estima-se que o consumo médio de esponja é de 2 a 3,5 kg/m<sup>2</sup> (assumindo 20 reciclagens). A Expanjet Global ratifica que tais dados são apenas estimativas, não garantias.

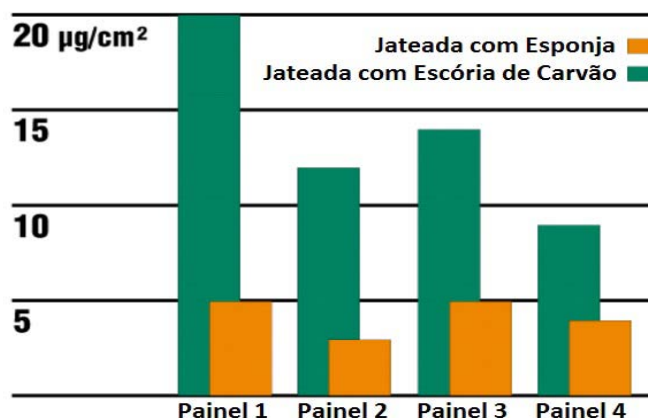
Respeito a quesitos relacionados ao meio ambiente e à sustentabilidade.

Ao se comparar a tecnologia SPONGE-JET com outras tecnologias, tem-se que:

Tabela 2 - Comparação Entre Tecnologias do Ponto de Vista Ambiental. Fonte: adaptado de (4).

Tecnologia	Contaminação do Ar	Contaminação do Solo	Geração de Efluentes	Possibilidade de Reutilização	Alto Volume de Resíduos Sólidos
Areia Seca	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Areia Úmida	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Hidrojateamento	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Abrasivo Ordinário	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
SPONGE-JET	Não	Não	Não	Sim	Não

A preparação de superfície com o uso de jateamento ordinário, ou seja, por meio do uso de granalha, escória de cobre, escória de carvão, óxido de alumínio, etc, apresenta como vantagens o fato de ser rápido e de gerar perfil de ancoragem. Entretanto, contamina o meio ambiente, causa doenças respiratórias e deteriora equipamentos rotativos ou outros equipamentos no entorno. Além disso, é difícil de coletar após usada, apresenta pouca visibilidade e, por conseguinte, retrabalho e não apresenta grandes reduções dos níveis de cloretos, conforme exposto a seguir (4):

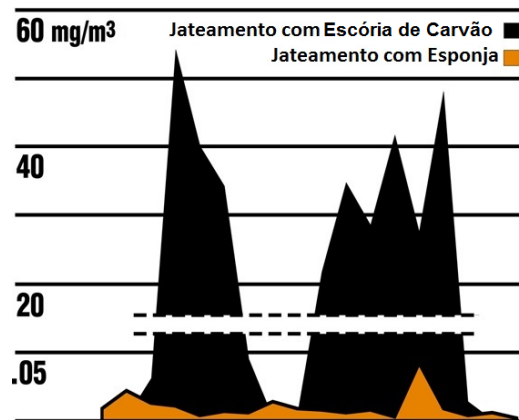


**Gráfico 01:** Comparativo entre nível de cloreto residual: jateamento com escória de carvão x jateamento com esponja Sponge-Jet (5).

É comprovado que o abrasivo Sponge-Jet gera, por meio de controle ou supressão, 99,9% menos pó que os abrasivos convencionais, devido ao fato de ser composto de material uretano esponjoso, poroso e resistente. O vácuo criado no momento do impacto da esponja com o substrato coleta pó, fuligem, corrosão e outros contaminantes (6). Esta é a razão de, quando da aplicação da tecnologia Sponge-Jet, serem atingidos níveis de cloreto iguais ou menores que 5 µg/cm² (7).

Ao se avaliar o nível de contaminação do ar durante um estudo desenvolvido em um estaleiro, obteve-se que o jateamento abrasivo é o maior responsável pelas emissões fugitivas (8). Testes foram conduzidos comparando a escória de carvão e o abrasivo Sponge-Jet: o primeiro gerou até 5.500 vezes mais pó do que o segundo (9). A baixa geração de pó é uma das razões

que inclusive garantiram a permissão de jateamento ao ar livre declarado pela California Environmental Protection Agency (10).



**Gráfico 02:** Comparativo entre nível de emissão de pó: jateamento com escória de carvão x jateamento com esponja Sponge-Jet (9).

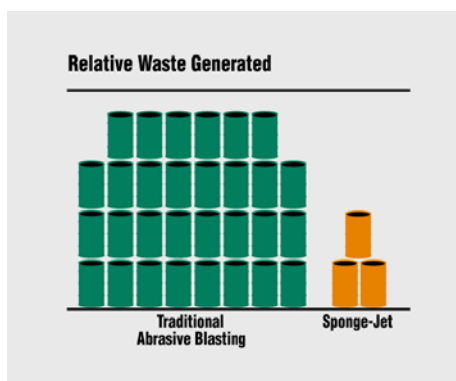
O hidrojateamento apresenta como características positivas a não geração de pó e a alta produtividade. Entretanto, dentre outros aspectos, deteriora equipamentos elétricos e eletrônicos e não permite trabalhos adjacentes. A geração de um perfil de ancoragem exige a associação com partículas abrasivas. Produz como resultado um efluente que requer tratamento (4). Segundo Momber, o sistema de tratamento de água de um sistema de hidrojateamento convencional chega a 29,8% dos investimentos, atrás somente do investimento feito para a unidade de alta pressão, correspondente a 59,5%. Em contrapartida, considerando-se o custo em horas, o sistema de tratamento de água corresponde a 31,3%, contra 57,8% da Unidade de Alta-Pressão. Momber ainda ressalta que nessa análise não são considerados os custos para a disponibilização de água fresca e tratamento e disposição de efluentes (11).

No que se refere à geração de efluentes e uma possível reutilização, Gentil elucida a dificuldade de se identificar e quantificar os diversos compostos de alto risco que podem ser encontrados em um efluente para posterior reuso, a exemplo dos inibidores de corrosão, biocidas e aditivos do processo (12). Conforme exposto por Momber, a preparação de superfície é capaz de gerar desde produtos de corrosão, abrasivos consumidos e resíduos de tinta, principalmente quando oriunda de sistemas mais antigos, quando pode conter materiais perigosos tais quais PCB's (que possui diversos efeitos tóxicos crônicos), metais pesados, dioxina, chumbo (extremamente venenoso), derivados de alcatrão (carcinogênicos) e cromo (que causa câncer e altera o DNA, impede a circulação de ar no solo) (11). A tabela 03 apresenta uma análise de resíduos sólidos presentes no hidrojateamento:

**Tabela 03: Análise de resíduos sólidos presentes no hidrojateamento (Rice, 1997, apud (11))**

Material	Concentração (mg/kg)	Material	Concentração (mg/kg)
Arsênio	< 20	Chumbo	217
Bário	1.950	Níquel	329
Cádmio	< 20	Selênio	< 20
Cromo	234	Prata	< 20
Cobre	296.000	Zinco	6.700

Quanto à produção de resíduos sólidos, a possibilidade de se reutilizar a esponja apresenta como consequência a redução do volume de abrasivo, custo de transporte, manuseio, armazenamento e descarte, conforme imagem adiante enunciada:



**Gráfico 03:** Comparativo entre o resíduo relativamente gerado: jateamento abrasivo ordinário x Sponge-Jet (4).

O efeito que a tecnologia Sponge-Jet tem na prevenção da poluição é justificada pelo fato da esponja decapante poder ser reciclada: a quantidade de águas residuárias geralmente gerada na utilização de métodos convencionais, como a decapagem química, é drasticamente reduzida (3). A tabela a seguir faz um comparativo entre o consumo de abrasivo de diferentes tecnologias

**Tabela 04 – Consumo de Abrasivo durante o Jateamento. Adaptado de (11).**

Tipo de Abrasivo	Consumo de Abrasivo (kg/m <sup>2</sup> )	Eficiência (m <sup>2</sup> /h)	Método	Referência
Escória de Cobre	26,2	10,7	Jateamento a Lama	Da Maia (2000)
Escória de Cobre (Reciclada)	25,0	12,2	Jateamento a Lama	Da Maia (2000)
Areia	22,3	9,2	Jateamento a Lama	Da Maia (2000)
Bauxita	31,9	-	Jateamento a Seco	Uhlendorf (2000)
Escória de Carvão	50	4,0	Jateamento a Seco	Cluchague (2001)
Escória de Cobre	40	-	Jateamento a Seco	Beltov and Assersen (2002)
Dolomita	129,6	5,7	Jateamento a Seco	Andronikos e Eleftherakos (2000)
Garnet	108,6	10,5	Jateamento a Seco	Andronikos e Eleftherakos (2000)











**Tabela 04 – Consumo de Abrasivo durante o Jateamento. Adaptado de (11).**

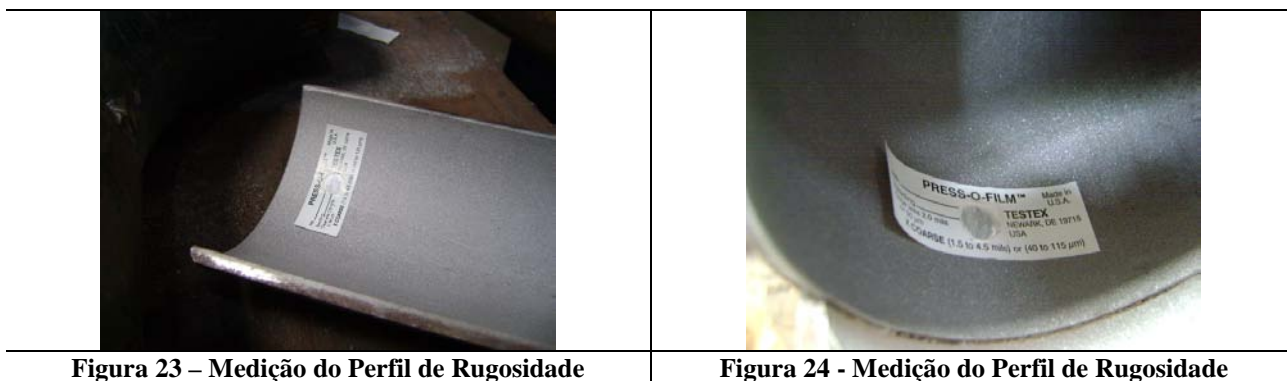
Escória de Níquel	91,4	12,0	Jateamento a Seco	Andronikos e Eleftherakos (2000)
Olivina	105,6	8,7	Jateamento a Seco	Andronikos e Eleftherakos (2000)
Granalha de Aço	40	-	Jateamento a Seco	Beltov and Assersen (2002)
Escória de Cobre	12	8,0	Jateamento Térmico	Cluchague (2001)
Sponge-Jet (Reutilizada)	2,5 a 5,0	5,6 a 34,0	Jateamento a Seco	(13)

A seguir encontra-se o relatório fotográfico.

**Figura 01- Unidade Alimentadora HP-100****Figura 02 - Recicladora 35-P****Figura 03 - Esponja Silver 30 DG****Figura 04 - Esponja Silver 30 DG****Figura 05 - Bico para DN 3'' a 5''****Figura 06 - Bico para DN 5'' a 12''**

	
<p><b>Figura 07 – Aperfeiçoamento do equipamento de jato interno de curvas para DN 4” e 6”</b></p>	<p><b>Figura 08 - Aperfeiçoamento do equipamento de jato interno de curvas para DN 4” e 6”</b></p>
	
<p><b>Figura 09 - Amostras de tubos e conexões para jateamento</b></p>	<p><b>Figura 10 - Posicionamento do bico em tubulação em aço carbono, DN 4”</b></p>
	
<p><b>Figura 11 - Posicionamento do bico em tubulação em aço carbono, DN 4”</b></p>	<p><b>Figura 12 - curva de 4”, grau de corrosão A</b></p>
	
<p><b>Figura 13 - curva de 6”, grau de corrosão D</b></p>	<p><b>Figura 14 - Estrutura simplificada de coleta de esponjas para posterior reuso</b></p>

	
<p><b>Figura 15 - Estrutura simplificada de coleta de esponjas para posterior reuso</b></p>	<p><b>Figura 16 - Amostra de tubulação em aço carbono, DN 4'', nível de limpeza visível SA3</b></p>
	
<p><b>Figura 17 - Amostra de tubulação em aço carbono, DN 4'', nível de limpeza visível SA3</b></p>	<p><b>Figura 18 - Primeiros experimentos de preparação superficial interna de curva em aço carbono, DN 4''</b></p>
	
<p><b>Figura 19 - Primeiros experimentos de preparação superficial interna de curva em aço carbono, DN 4''</b></p>	<p><b>Figura 20 - Amostra de curva em aço carbono, DN 4'', nível de limpeza visível SA3</b></p>
	
<p><b>Figura 21 - Amostra de curva em aço carbono, DN 4'', nível de limpeza visível SA3</b></p>	<p><b>Figura 22 - Amostra de curva em aço carbono, DN 6'', nível de limpeza visível SA3</b></p>



## Conclusões

Diante do exposto, é possível perceber que a tecnologia Sponge-Jet adequa-se perfeitamente aos sistemas de tubulações e equipamentos: atinge um grau de limpeza e perfilagem capaz de atender aos requisitos apresentados pelo cliente, com garantia do respeito e segurança do objeto a ser jateado e da mão-de-obra e ambiente no entorno. O abrasivo microencapsulado em esponja de poliuretano, reutilizável, limpa, seca e com baixa geração de pó, estabelece um jateamento interno de tubos e conexões (spools) em respeito às normas ambientais locais vigentes.

O objetivo do ensaio, de garantir a devida preparação superficial do substrato também no que diz respeito aos requisitos de limpeza de contaminantes invisíveis já está sendo avaliado por Empresa do Ramo, e será apresentado em trabalho futuro.

A vantagem de utilização da tecnologia Sponge-Jet é a não necessidade de utilização dos tradicionais produtos químicos (evitando, por conseguinte, a decapagem e desengraxamento), permitir a limpeza durante o processo de fabricação de tubos e montagem dos spools, não gerar efluentes, permitir trabalhos em paralelo, adequar-se a tecnologias ambientalmente corretas tais quais pigs e solução passivante. Em relação ao sopro a vapor: a necessidade de contraprova é reduzida em 90%, minimiza-se também o flush e reduzem-se custos de armazenamento, transporte e disposição.

Em suma, os ensaios permitiram avaliar, nesta etapa do trabalho: o nível de limpeza atingido (visíveis) Sa 3 (metal branco); a comprovação da capacidade do equipamento de jato em realizar a preparação superficial de curvas (spools); a medição do perfil de ancoragem obtido (micrometros): média de 60 micrometros; as estimativas de velocidade requerida de arraste do equipamento (m/min); As estimativas de produtividade (m<sup>2</sup>/h) e de esponja consumida (kg/m<sup>2</sup>) e introduzir as questões relacionadas ao meio ambiente e à sustentabilidade. Cumpre todas as etapas de qualidade, segurança e economia do tempo quando comparado aos processos tradicionais: permite-se o uso de equipamentos de proteção respiratória leve, de baixa resistência à respiração e não são utilizados produtos químicos. A redução de emissões perigosas é drasticamente reduzida, bem como perdas por parada de equipamento, lesões oculares, poluição e paradas.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se a avaliação de efluentes e resíduos do jateamento quanto à Resolução n<sup>o</sup>. 357, de 17 de março de 2005 e à Norma ABNT NBR

---

10.004/2004. Outra sugestão também se apresenta no que tange a avaliação das tecnologias de preparação de superfície: a avaliação pode-se estender a outras tecnologias tais quais a decapagem e o gelo seco, por exemplo.

### **Agradecimentos**

---

A EXPANJET GLOBAL SOLUTIONS agradece ao Coordenador da PETROBRAS, Nelson Nascimento, ao Engenheiro Jorge Raimundo (OAS - CONEST) e ao Consórcio CONEST (Odebrecht e OAS) e um agradecimento especial a Bernardino Nilton do Nascimento, Técnico Naval.

### **Referências bibliográficas**

---

1. SEI – Stockholm Environment Institute. **Managing environmental systems**. Disponível em: < <http://www.sei-international.org/>>. Acessado em: fevereiro de 2012.
2. SHARAI, Carlos. **Soluções para proteger o meio ambiente**. Corrosão & Proteção – Ciência e Tecnologia em Corrosão. ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão, Ano 8, No. 39, Set/Dez 2011. P. 15 a 19.
3. SPONGE-JET INC. **Degreasing and paint stripping using sponge blasting**. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 1996. 5 p.
4. SPONGE-JET INC. **Sponge-Jet: Sistema de Jateamento com Esponja**. Tradução. Apresentação em pwp. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2007, slides.8, 9, 12 e 14.
5. SPONGE-JET INC. **Sponge-Jet: Sistema de Jateamento para Tratamento de Superfícies**. Tradução. Apresentação em pwp. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2008, slide 25.
6. SPONGE-JET INC. **Low Dust Comparison Portuguese**. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2002. p. 1
7. MERRITT, Michael T. **Case histories in chloride removal using pliant media abrasive**. Increasing the value of coatings: the proceedings from the 2001 seminars. Atlanta, GA: November, 2001.
8. SPONGE-JET INC. **Sponge-Jet Introductory Brochure Portuguese**. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2007. p. 3
9. SPONGE-JET INC. **Airborne Contaminant Comparison**. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2001. p. 1
10. CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Air Resources Board**. Sacramento, California, 2012. p. 1
11. MOMBER, Andreas W. **Hydroblasting and Coating of Steel Structures**. 2003, Elsevier Science Ltd. P. 85, 87.
12. GENTIL, Vicente. **Corrosão** – 6ª edição – Rio de Janeiro: LTC, 2011. P. 208 e 209
13. SPONGE-JET INC. **Sponge-Jet Media Productivity Guide – Typical Productivity Rate (m<sup>2</sup>/hr)**. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2002. P. 1.