

Copyright 2014, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2014, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2014.

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

## **Avaliação do uso de abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano para tratamento de superfícies sob o enfoque das tecnologias limpas e da legislação ambiental brasileira.**

Eduardo Cardoso Garrido<sup>a</sup>, Miguel Roca Calza<sup>b</sup>, Nialdo Pereira dos Santos<sup>c</sup>

### ***Abstract***

The article presents a theoretical and conceptual review of the polyurethane sponge media containing micro encapsulated abrasive, reusable, dry and with low dust generation application from the standpoint of Clean Technologies and Safety, Health and Environment. It presents as an introduction the way the abrasive impacts the substrate and makes the capture of dust and airborne particles, the level of noise emitted by the required equipment as well as the containment structures for emission, necessary for the faithful execution of the work with respect to the surrounding area. Also discusses the relationship of the polyurethane sponge media containing micro encapsulated abrasive to the regulations (Standards for Safety and Health at Work of the Brazilian Ministry of Labour), Joint Ministerial Ordinance MMA/IBAMA No. 259 of 07 August 2009, the National Policy of Solid Waste, evidenced environmental aspects and impacts, among others relevant to the Brazilian environmental legislation and conclusions and recommendations that allow its use as effective as possible in the context of surface preparation.

**Keywords:** Emission Control, Reusable Polyurethane Sponge Media, Dry Abrasive Blasting, Surface Preparation, Clean Technologies.

### **Resumo**

Avaliação teórica-conceitual da aplicação do abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano, reutilizável, seca e com baixa geração de pó sob o enfoque das Tecnologias Limpas e da Prevenção da Poluição, do Respeito à Saúde e à Segurança e da Proteção ao Meio Ambiente. Introduz o modo como o abrasivo impacta o substrato e efetua a captura do pó e de emissões aéreas, o nível de ruído emitido pelos equipamentos requeridos, bem como as estruturas de contenção de partículas necessárias para a fiel execução dos trabalhos com respeito à área de entorno. Aborda a relação da esponja de poliuretano com as Normas Regulamentadoras (Normas de Segurança e Saúde no Trabalho – Ministério do Trabalho), a Portaria Conjunta MMA/IBAMA N° 259, de 07 de agosto de 2009, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os aspectos e impactos ambientais evidenciados, dentre outros itens pertinentes à legislação ambiental brasileira. Estabelece conclusões e recomendações que permitam tornar o seu uso o mais eficiente possível no contexto da preparação de superfícies de

<sup>a</sup> Especialista em Gestão Ambiental com Tecnologias Limpas – Eng° Sanitarista e Ambiental - Expanjet Global Solutions

<sup>b</sup> Administrador - Gerente Comercial - Expanjet Global Solutions

<sup>c</sup> Técnico em Mecânica - Gerente Técnico - Expanjet Global Solutions

equipamentos e estruturas industriais. Possibilita, assim, estudar formas de minimizar possíveis impactos e maximizar benefícios relacionados à sua aplicação.

**Palavras-chave:** Controle de Emissões, Esponja de Poliuretano Reutilizável, Jateamento Abrasivo Seco, Preparação de Superfícies, Tecnologias Limpas.

## Introdução

Preparar uma superfície significa remover irregularidades superficiais de modo a atingir um padrão de limpeza visual, estabelecer o perfil de ancoragem (rugosidade) necessário ao revestimento e descontaminar o substrato (1). Para a execução da preparação superficial faz-se uso de um abrasivo, o qual é impelido ao substrato por meio de esforço mecânico, manual, pressurização de fluidos em forma de jato, ou de produtos químicos especialmente desenvolvidos para tal finalidade.

Diversas unidades tais quais estaleiros, plataformas, refinarias, ferrovias e embarcações exigem a preparação superficial de tanques, válvulas, tubulações, pilares, estruturas e equipamentos, seja no momento de sua construção e montagem, seja na etapa de manutenção.



Figuras 1 a 3 - Preparação Superficial de Pernas de Plataforma (2)

Variadas oportunidades de abrasivos encontram-se disponíveis para a preparação de superfícies: escória de cobre, areia, bauxita, escória de carvão, dolomita, garnet, escória de níquel, olivina, granalha de aço, gelo seco e abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano. Todas elas exigem a utilização de matéria-prima para a sua confecção.

Dentre os abrasivos citados, o abrasivo encapsulado com esponja surge como uma das promessas do desenvolvimento de um jateamento com enfoque na sustentabilidade. Segundo a EPA (3), a sustentabilidade baseia-se no princípio de que tudo que a humanidade necessita para sua sobrevivência depende do ambiente natural. O seu aproveitamento, quando direcionado para a produção, deve propiciar o seu uso pelas futuras gerações.

O objetivo do presente artigo é o de esboçar os diferentes tipos de abrasivos no que se refere à preparação de superfícies e ao papel do abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano e analisar aspectos referentes ao atendimento da legislação nos âmbitos da segurança, saúde e meio ambiente, tais como:

- a) emissões aéreas e a Resolução CONAMA N° 003 de 28 de junho de 1990.

- b) contaminação do solo, a Lei N° 12.305 de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) e a Norma ABNT NBR 10.004/2004 (Resíduos Sólidos – Classificação).
- c) tecnologias limpas e a Portaria Conjunta MMA/IBAMA N° 259, de 07 de agosto de 2009.
- d) NR 15 – Atividades e Operações Insalubres e NR 34 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval.
- e) acústica segundo a OHSAS 18.001/2007 – Saúde e Segurança Ocupacional.
- f) riscos significativos ou efeitos potenciais à saúde.

### **Metodologia**

---

Para a conclusão do presente trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico, documental e de trabalhos técnicos publicados. O mesmo desenvolveu-se por meio das seguintes ações:

- a) definição da temática a ser trabalhada.
- b) levantamento bibliográfico.
- c) formação de banco de trabalhos.
- d) consolidação de trabalho escrito.

### **Resultados e discussão**

---

#### **Os diferentes tipos de abrasivo: aspectos e impactos ambientais**

Desde manutenções pontuais, com menor nível de exigência, a grandes empreendimentos, os quais requerem um nível metodológico e tecnológico mais elevado, comercialmente, sabe-se que cada tecnologia possui seu espaço no mercado, sendo requerida para diversas situações. De modo a atender tal demanda é requerido o desenvolvimento de novas tecnologias, o qual ocorre especialmente no âmbito da elaboração de novos produtos químicos. Entretanto, os planejadores têm se deparado com entraves e restrições ambientais com relação à sua aplicação, seja devido à necessidade por recursos hídricos, como pela exigência quanto ao devido descarte, transporte e tratamento de resíduos e efluentes.

É importante analisar os tipos de abrasivo existentes, pois assim torna-se possível compreender um pouco melhor as emissões e os impactos ambientais oriundos da retirada da matéria-prima do meio natural e o seu conseqüente retorno, já como resíduo.

Conforme exposto por Momber (4), 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 (causa câncer, altera o DNA e impede a circulação de ar no solo).

O jateamento abrasivo seco convencional, por exemplo, acarreta em grandes quantidades de resíduos finos no ar, de difícil contenção principalmente quando próximo a corpos d'água, e gera consigo grandes volumes de resíduos, ainda mais quando contendo tintas velhas e metais pesados, o que torna necessária a análise do mesmo para saber sua classificação, pois os resíduos de corrosão podem conter inúmeros componentes (5; KOTRIKLA, 2008 *apud* 6).

Por outro lado, o hidrojateamento exige o acesso a um sistema adequado de abastecimento de água e a um sistema de esgotamento sanitário que colete as águas residuárias (constituído por abrasivos usados e lascas de tintas) oriundas de suas atividades e que as disponham com o mínimo impacto ambiental e completa abrangência.

Já em relação à saúde e segurança dos operadores, no que tange à acústica, segundo a Safetech Consultants (7), a OSHA especifica que a proteção auricular reduza a exposição do trabalhador para até 90 dB para um período de 8 horas (85 dB para aqueles com perda auditiva induzida pelo som). Percebe-se que esta orientação é menos restritiva que a fornecida pela NR 15 em seu ANEXO 1 (8).

Desse modo, para jatistas, recomenda-se o uso de ambos os protetores auriculares, tanto plugs quanto abafadores (que apresentaria uma taxa de redução sonora de 33 dB – a maior dentre as reduções sonoras de ambos os acessórios, mais 05, menos um fator de correção de 7 dB).

Para exemplificar, reduzindo-se o valor médio medido de 120,5 dB de 31 dB, tem-se um total de 89,5 dB o que, conforme o ANEXO 1 da NR 15 (8), equivale a um máximo de exposição diária permissível de 4 horas.

Já para auxiliares recomenda-se o uso de protetores auriculares, plugs ou abafadores (que em média apresentam uma taxa de redução sonora de 25 dB, menos um fator de correção de 7 dB).

Para exemplificar, reduzindo-se o valor médio medido de 102,0 dB de 18 dB, tem-se um total de 84 dB o que, conforme o ANEXO 1 da NR 15 (8), equivale a um máximo de exposição diária permissível de 8 horas. Além do uso de protetores auriculares recomenda-se também que medidas de controle de engenharia também sejam utilizadas, não somente em relação à acústica, mas também em relação à exaustão local, possibilitando uma boa ventilação da área de trabalho e/ou suprimento de ar.

Recomenda-se o uso de luvas apropriadas para a proteção contra a abrasão mecânica e proteção ocular contra materiais abrasivos, fornecer um lava-olhos na área de trabalho.

### **Escória de cobre**

“Na unidade de granulação, a escória líquida, em elevada temperatura, entra em contato com o jato de água e se solidifica na forma de pequenos grãos, que são enviados para os secadores rotativos e sistema de peneiramento, que promovem, respectivamente, a secagem e classificação na granulometria especificada” (9).

A escória de cobre é fabricada nos processos de fusão e refino de minério concentrado de cobre. É um material não higroscópico, granulado, de cor negra, seco, constituído de silicatos estáveis livres de materiais voláteis. Sua composição inclui: Fayalita ( $2\text{FeO}:\text{SiO}_2$ ); Óxidos e silicatos de Al, Ca e Mg; Magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ); Cobre (estabilizado na forma de óxido, sulfeto e silicato); Outros < 1,0% (9).

Apesar da escória de cobre apresentar-se classificada em princípio como não tóxica, isenta de ferro livre, cloretos livres ou sais solúveis em água, a Occupational Safety and Health Administration (OSHA) afirma que as escórias de cobre e carvão contêm traços de substâncias altamente tóxicas tais quais: berílio, arsênio e outros contaminantes. Na América do Norte, órgãos federais de regulação investigam se fabricantes informaram os seus usuários adequadamente quanto à possibilidade dos mesmos inalarem substâncias potencialmente perigosas (10).

Com relação à poluição atmosférica a própria Resolução Conama N.º 003 de 28 de junho de 1990 (11) a define como matéria ou energia que esteja em desacordo com os níveis estabelecidos, “e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; e prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”.

“A escória de cobre das fundições primárias possui bário, cobalto, cobre, cromo (trivalente) e níquel; já a escória de cobre, obtida a partir fundições secundárias, pode conter níveis significativos de arsênio e chumbo. Escória de níquel normalmente apresenta cobre, níquel, cromo (trivalente) e níveis mais baixos de cobalto e vanádio” (OSHA, 2006 *apud* 6).



**Figura 4 - Depósito de Escória de Cobre,  
FERRON, 2012 *apud* (10)**

### **Escória de carvão**

A escória de carvão é usualmente constituída de níquel, vanádio e uma variedade de outros metais (6). Entretanto, de acordo com a OSHA, a sua aplicação pode acarretar na contaminação do ar pelos seguintes elementos: “arsênico, berílio, sílica amorfa, cádmio, cromo, cobalto, sílica cristalina, chumbo, manganês, níquel, prata, titânio e vanádio” (12).

“De acordo com o Departamento de Saúde do Estado de Nova Iorque, a exposição ao pó de chumbo, presente em jatos de escória de carvão, provoca fadiga, irritabilidade e dificuldade de

concentração. A neuropatia periférica, ou danos aos nervos, apresenta-se, principalmente nos pés e pernas, através de dormência e fraqueza. A exposição pode levar a convulsões” (12).

A exposição ao cádmio pode implicar em problemas pulmonares, bronquite, sintomas gripais e lesões pulmonares as quais podem vir a se tornar permanentes (12).

### **Areia**

A areia é um abrasivo natural, o primeiro a ser utilizado em jateamento como abrasivo. Seu uso no processo de preparação de superfícies, independentemente de estar seca ou úmida, tornou-se proibido pela Portaria N° 99, de 19 de outubro de 2004, uma vez que possui alto teor de sílica livre, responsável por provocar problemas respiratórios como a silicose, doença pulmonar de caráter irreversível (6; 13; 5).

“Após estudos verificou-se baixa eficiência do mesmo. Apresenta um resultado insatisfatório tanto na remoção de ferrugem e resíduos de revestimentos anteriores, como na uniformidade da rugosidade obtida, pois o pó produzido pela fragmentação da areia contamina a superfície tratada” (5).

### **Granalha de aço**

O jateamento com granalha de aço elimina a ferrugem e outros resíduos e produzir um perfil de ancoragem satisfatório (5).

### **Gelo seco**

A tecnologia de aplicação do jato com CO<sub>2</sub> sólido ou grânulos de gelo seco causam o congelamento e contração de detritos e resultam no desprendimento do contaminante. Posteriormente, o grão de gelo seco evapora por ser, essencialmente, gás carbônico. Desse modo, apenas restam resíduos do contaminante a eliminar (14).

Tabela 1: Vantagens e Desvantagens do Jateamento com Gelo Seco. Fonte: Adaptado de OSHA, 2006 *apud* (6).

<b>Atividade</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Jateamento com gelo seco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os resíduos são minimizados: lascas de tinta, escamas e ferrugem, sem desperdício de abrasivos.</li> <li>• Limpeza superficial excelente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custos elevados do equipamento, manuseio e armazenamento.</li> <li>• Requer múltiplos repasses para eliminar totalmente a pintura.</li> <li>• Não gera perfil de ancoragem.</li> </ul>

### **Hidrojateamento e ultra-hidrojetamento**

“O hidrojetamento sem abrasivo é o método de preparação de superfícies de aço para pintura pelo emprego de água sob alta pressão (70 MPa a 210 MPa) ou ultra alta pressão (acima de 210 MPa)”, sem abertura de perfil de ancoragem (15).

O hidrojetamento minimiza riscos à saúde humana ao evitar a respiração de materiais abrasivos comumente utilizados no jateamento a seco (6). Por outro lado, exige altas pressões

em sua aplicação, o que pode incorrer em acidentes graves. Inclusive, devido a esse fato, “a atividade de hidrojateamento de alta pressão deve ser realizada em tempo contínuo de até uma hora; com intervalos de igual período, em jornada de trabalho máxima de oito horas” (16).

O Hidrojateamento apresenta como desvantagem a baixa visibilidade devido à presença de névoa. A seguir fotografias realizadas internamente a um tanque maracanã.



**Figuras 5 a 8 - Visibilidade do hidrojateamento (17)**

Conforme MOMBER (4), dentre as principais fontes de emissão sonora durante as operações de jateamento tem-se o som emitido pela pressão gerada e pela alta velocidade do fluido no ar e na saída do bico. De acordo com o diâmetro do bico e com a pressão imposta ao líquido, atingiram-se níveis sonoros de aproximadamente:

- 82 dB (A) a 98 dB (A) para pressão de jato de 100 MPa a 200 MPa, diâmetro do bico de 0,2 mm;
- 96 dB (A) a 113 dB (A) para pressão de jato de 100 MPa a 200 MPa, diâmetro do bico de 0,5 mm;
- 103 dB (A) a 118 dB (A) para pressão de jato de 100 MPa a 200 MPa, diâmetro do bico de 0,8 mm.

Tabela 2: Vantagens e Desvantagens do Hidrojateamento. Fonte: Adaptado de OSHA, 2006 *apud* (6).

Atividade	Vantagens	Desvantagens
-----------	-----------	--------------

Hidrojateamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excelente na remoção de revestimentos duros ou enferrujados.</li> <li>• Não requer a contenção para emissões aéreas necessárias para o abrasivo convencional e produz emissões de poeira substancialmente mais baixas.</li> <li>• Pode utilizar sistemas de reuso de água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não é tão eficiente quanto o abrasivo convencional.</li> <li>• Custos de consumo e manutenção elevados.</li> <li>• Taxa de produção menor do que o jateamento ultra-alta pressão, mas confinamento e custos de limpeza são menores.</li> <li>• Gera ferrugem advinda do flash rust (oxidação superficial).</li> </ul>
-----------------	--	--

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 (18).

### Hidrojateamento abrasivo

Em complemento ao hidrojateamento acima referido, “o hidrojateamento com abrasivo é o método de preparação de superfícies de aço para pintura pelo emprego de água sob ultra-alta pressão (> 210 MPa) utilizando abrasivos especiais com a finalidade de abrir perfil de ancoragem ou remover carepa aderente graus A e B” (15). O Quadro 03, adiante enunciado, apresenta vantagens e desvantagens associadas ao método.

Quadro 03: Vantagens e Desvantagens do Jateamento com Jateamento Abrasivo Úmido. Fonte: Adaptado de OSHA, 2006 *apud* (6).

Atividade	Vantagens	Desvantagens
Jateamento Abrasivo Úmido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuição das emissões de poeira.</li> <li>• Diminuição da quantidade de confinamento necessária (em relação ao abrasivo convencional).</li> <li>• Encaixe de dispositivo simples de água no bico da mangueira de jateamento reduz a quantidade de poeira de 50-75% quando comparado ao abrasivo convencional.</li> <li>• Encaixe de dispositivo misturador de água no bico da mangueira de jateamento reduz a perda do impacto convencional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gera efluente, os quais podem estar contaminados com lascas de tinta e de metais da superfície.</li> <li>• Taxa de limpeza de superfície menor do que o jateamento abrasivo seco.</li> <li>• A mistura do abrasivo com a água reduz o impacto sobre a superfície.</li> <li>• Gera Flash Rust (Oxidação Superficial).</li> </ul>

### Garnet

O abrasivo Garnet é um produto natural quimicamente inativo e apresenta como componente principal a granada (19).

### Abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano

A aplicação do abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano, reutilizável, limpa, seca e com baixa geração de pó, pode ser utilizada na preparação de superfícies de chapas, tanques, vasos, tubos, conexões (*spools*) e diversos outros tipos, tanto para equipamentos novos quanto para equipamentos usados. Permite jatear o aço carbono e o aço inox, incluindo duplex e superduplex.

A técnica consiste basicamente em projetar contra o substrato que se deseja jatear as partículas de abrasivo impregnadas em flocos de esponja de poliuretano. No momento do impacto as partículas abrasivas são expostas e entram em contato com a superfície promovendo a sua



decapagem mecânica. A esponja absorve a energia do impacto e não permite que as partículas de metal retornem com velocidade elevada.

Há a garantia de uma 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.

Parte do processo de fabricação do abrasivo a ser envolvido em esponja de poliuretano é por aquecimento. O aquecimento modifica a sua estrutura molecular e aumenta a sua pureza. Isso produz um produto mais duro, comparável à qualidade de cerâmica, derivado do alumínio. O produto utilizado nas esponjas é o óxido de alumínio *brown fused* (ALO Marrom).

O ALO Marrom é aplicado em operações abrasivas em que se deseja uma maior resistência ao impacto por parte do abrasivo. Os grãos de ALO Marrom são manufacturados de acordo com as Normas ANSI e FEPA e são compostos majoritariamente de elementos tais quais:  $Al_2O_3$  (92,51%),  $TiO_2$  (2,97%), dentre outros em menor proporção ( $SiO_2$ ,  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $NiO$ ,  $Co_3O_4$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $ZrO_2$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $P_2O_5$ ). Apresenta como vantagens: alta refratariedade, alta dureza, alta resistência à abrasão e resistência ao impacto (20).

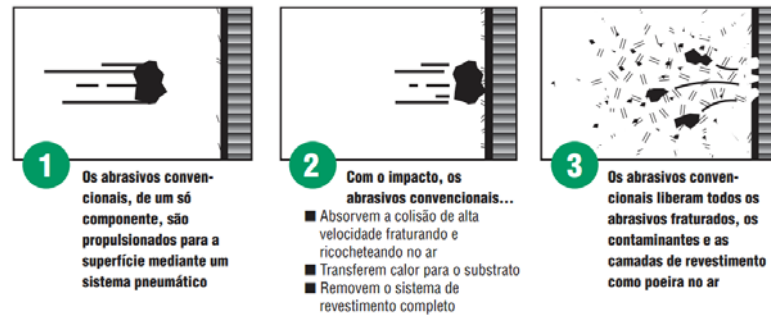
A esponja em poliuretano combinada com o abrasivo de óxido de alumínio apresenta a seguinte composição: óxido de alumínio (65-80%), dióxido de titânio (1 – 5%), dióxido de silício (0,1 – 1%), trióxido de ferro (1 – 5%) e elastômero de poliuretano (15 – 30%), produto de reação com água (21).

De acordo com o nível de rugosidade e do tipo de substrato a ser jateado, além do abrasivo óxido de alumínio, as esponjas podem conter: granalha de aço, precipitado esférico de carbonato de cálcio, plástico de uréia, filete de vidro, melamina, wostalonita ou apenas a própria esponja.

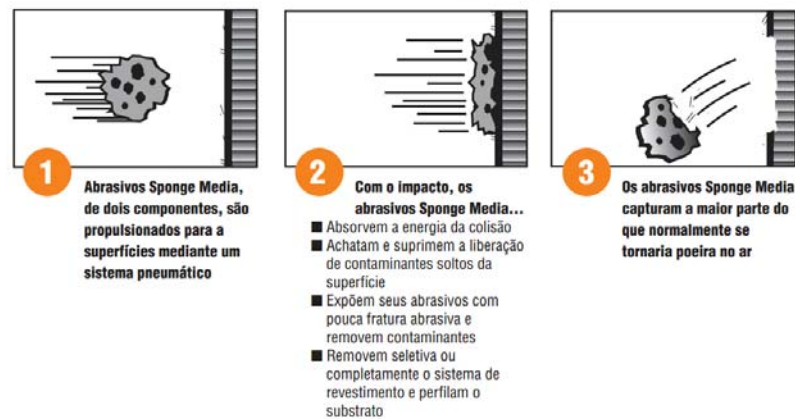
### **Comparação entre abrasivos**

Conforme é possível visualizar no esquema exposto na Figura 09, o sistema de preparação de superfície convencional (granalha de aço, escória de cobre, dentre outros) possui como princípio de funcionamento o impacto do abrasivo com posterior fragmentação e ricochete, sem uma eficiente limpeza de superfície e alta geração de pó, o que exige que o operador aguarde a diminuição do nível de poeira para verificar quais pontos necessitam de um repasse (Figuras 10 e 11). O jateamento por meio do abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano pode reduzir em até 99,9% a geração de pó quando comparado ao jateamento com abrasivos comuns.

### Materiais Convencionais para Jateamento Abrasivo



### Abrasivo Convencional Aderido na Sponge Media



**Figura 09 - Jateamento Abrasivo Convencional x Jateamento com Abrasivo Microencapsulado em Esponja de Poliuretano (22)**

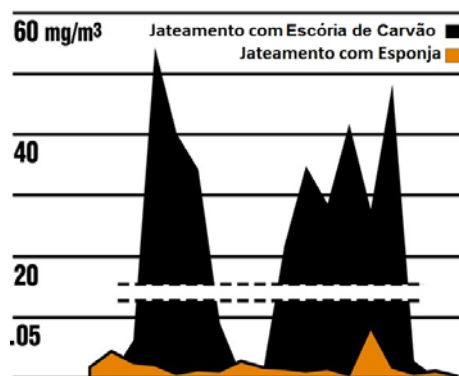


**Figuras 10 e 11 - Comparação entre o Jateamento Abrasivo Convencional x Jateamento com Abrasivo Micro encapsulado em Esponja de Poliuretano (23)**

A esponja, ao impactar o substrato, expõe o abrasivo e atua como um succionador e redutor da potência de impacto. Atinge o grau de limpeza SA 3 (metal branco) no primeiro passe com visibilidade total e permite a execução de trabalhos em paralelo.

É comprovado que o abrasivo envolvido em esponja de poliuretano 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 (24). Esta é a razão de, quando da aplicação da tecnologia, serem atingidos níveis de cloreto iguais ou menores que  $5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  (25).

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 (26). Testes foram conduzidos comparando a escória de carvão e o abrasivo envolvido em esponja de poliuretano: o primeiro gerou até 5.500 vezes mais pó do que o segundo (27). 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 (28).



**Figura 12 - Comparativo entre nível de emissão de pó: jateamento com escória de carvão x jateamento com esponja (27)**

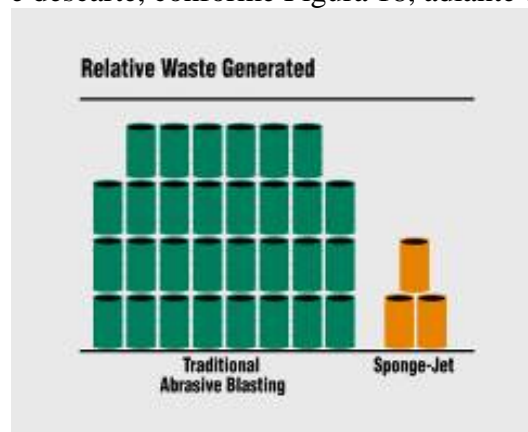
Nesse estudo foram obtidos valores médios de  $0,002 \text{ mg}/\text{m}^3$  a um pico isolado de  $0,042 \text{ mg}/\text{m}^3$  para o jateamento com abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano, com média de  $0,010 \text{ mg}/\text{m}^3$ . Já para a escória de cobre houve uma variação entre  $0,028 \text{ mg}/\text{m}^3$  a um pico de  $54,1 \text{ mg}/\text{m}^3$ , com uma média de  $21,818 \text{ mg}/\text{m}^3$ .

Quanto à geração de resíduos sólidos, existe a possibilidade de se reutilizar a esponja por meio da Unidade Recicladora, que separa os resíduos finos, os resíduos grosseiros e reutilizáveis. Conforme a PNRS (29), “reutilização é o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química”. A quantidade de águas residuárias geralmente gerada na utilização de métodos como o hidrojateamento e a decapagem química, é drasticamente reduzida. A destinação dos resíduos é facilitada devido à recoletagem poder ser feita manualmente ou por aspirador de pó (Figuras 13 a 17).



**Figuras 13 a 17 - Exemplo de estrutura de coleta de esponjas para posterior reutilização por meio da Recicladora 35-P. Fonte: SPONGE-JET INC, 2012, Slide 34.**

Apresenta-se como consequência a redução do volume de abrasivo gerado, custo de transporte, manuseio, armazenamento e descarte, conforme Figura 18, adiante enunciada:



**Figura 18: Comparativo entre o resíduo relativamente gerado: jateamento abrasivo ordinário x abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano (23)**

Promove menor formação de nuvem de pó durante a aplicação devido à utilização da esponja que absorve o impacto e agrega parte das partículas de óxidos, carepas de laminação e pinturas pré-existentes, aumentando assim a acuidade visual do jatista e tornando a atmosfera mais limpa. Possibilita executar jateamento em áreas de complexidade média a elevada, com possibilidade de reciclagem do produto em média de 15 vezes. O volume necessário de abrasivo para o método com abrasivo microencapsulado em esponja de poliuretano é enormemente reduzido quando comparado ao total utilizado para o jateamento abrasivo convencional com granalha de aço. A contenção das esponjas ocorre através de telas de fácil montagem.



**Figura 19 - Visibilidade do jateamento com esponja (17)**

Em relação à acústica, conforme documento gerado por instituição norte-americana independente (7), em um teste realizado durante 8 horas de jato por dois indivíduos (um jatista e um auxiliar vestindo dispositivos de monitoramento), foram medidos os seguintes valores para o jateamento abrasivo seco por meio da aplicação do abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano:

- a) Indivíduo 01 (jatista): valor médio de 120,5 dB, com um valor mínimo de 69,9 dB e um valor máximo de 133,9 dB;
- b) Indivíduo 02 (auxiliar): valor médio de 102,0 dB, com um valor mínimo de 69,9 dB e um valor máximo de 115,1 dB.

Uma das vantagens da tecnologia com abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano é a utilização de baixa pressão na aplicação quando comparado com outras tecnologias disponíveis (pressão inicial de aproximadamente 7 bar), sendo reduzida gradativamente conforme ocorra o desgaste das esponjas no processo de reutilização por meio da Unidade Recicladora, que permite a reutilização de esponjas em média de 15 vezes. Apresenta menor risco de acidentes devido à pressão reduzida.

Permite a utilização de mais de uma equipe trabalhando no mesmo equipamento, de acordo com as suas dimensões, facilidade de acesso, requisitos mínimos de SMS, podendo-se assim reduzir o tempo de parada do mesmo (trabalhos paralelos). Exige como Equipamentos de proteção individual (EPI): Bota, Capacete, Luva de raspa, Macacão Estilo Tyvec, Protetor auricular tipo plug/ concha e Protetor Facial.

### **Contaminação do solo**

A sociedade tem afirmado dia após dia a necessidade do acesso à informação, de modo a exercer plenamente o controle social nos processos de formulação, implementação e avaliação das políticas públicas relacionadas não apenas aos resíduos sólidos, mas à gestão integrada de todo o seu entorno.

Uma grande conquista efetivada, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, PNRS, aborda em seu conteúdo a importância de serem estabelecidos acordos setoriais entre o poder público e as

diversas partes interessadas na circulação de um dado produto, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada de seu ciclo de vida.

“Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é o conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos” (29).

Desse fato incorre a necessidade de se conhecer a série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final ambientalmente adequada – inclusive sendo o setor empresarial responsável por medidas de reaproveitamento ou destinação, por meio da logística reversa. Esse é um ramo ainda pouco explorado nas análises econômicas desenvolvidas – as externalidades ainda necessitam ser quantificadas (29). É de conhecimento notório que os danos ou riscos à saúde pública e à segurança e os impactos ambientais adversos devem ser minimizados, mas esses benefícios não são levados em consideração em uma avaliação puramente comercial. Adiante enunciadas encontram-se figuras que comparam as tecnologias sob o ponto de vista da preparação superficial e dos impactos ao ambiente.

TECNOLOGIA	LIMPEZA VISÍVEIS	CONTAMINANTES NÃO VISÍVEIS	PERFIL
Hidrojato (Alta Pressão)	√+	√+	∅
Gelo Seco (CO <sub>2</sub> )	√	√	∅
Agulheiro	√-	∅	√-
Abrasivo Comum	√+	√	√+
Abrasivo Úmido (Areia)	√+	√+	√
Abrasivo em Esponja de Poliuretano	√+	√+	√+

**Figura 20: Comparação entre Tecnologias do Ponto de Vista da Limpeza e Perfil de Ancoragem. Adaptado de (30)**

Comparação Entre Tecnologias do Ponto de Vista Ambiental.					
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
Hidrojetamento	 Não	Sim	Sim	 Sim	 Não
Abrasivo Ordinário	Sim	Sim	 Não	 Sim	Sim
Esponja	 Não	 Não	 Não	 Sim	 Não

**Figura 21: Comparação entre Tecnologias do Ponto de Vista Ambiental.**

## Periculosidade e disposição

Quanto à periculosidade, os resíduos classificam-se em (31):

- a) resíduos perigosos: apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental (inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade);
- b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados como resíduos perigosos.

O aterro sanitário difere do aterro de inertes. O resíduo classe IIB tem como característica ser um resíduo não perigoso e inerte, portanto disposto no Aterro Classe IIB (aterro de inertes), que dispensa a impermeabilização do solo. “Esse aterro possui sistema de drenagem de águas pluviais e um programa de monitoramento ambiental que contempla o acompanhamento geotécnico (movimentação, recalque e deformação) do maciço de resíduos” (32). Outros exemplos de resíduos inertes: restos de obras, demolições e escavações resultantes das atividades da construção civil.

A Resolução CONAMA nº 235, de 07 de janeiro de 1998 (33), apresenta, dentre outros, como resíduos não inertes classe II-A: escória de altos-fornos granulada (areia de escória) proveniente da fabricação do ferro e do aço, escórias e outros desperdícios da fabricação do ferro e do aço, cinzas e resíduos contendo principalmente zinco, outros (outras escórias e cinzas) e escórias de desfosforação; desperdícios e resíduos de cobre, níquel, zinco (34).

Tabela 3: Classe de Periculosidade de alguns dos abrasivos existentes.

Tipo de Abrasivo	Classe	Referência
<b>Escória de Cobre</b>	II-B	(9)
<b>Bauxita</b>	I	(35)
<b>Escória de Cobre</b>	II-B	(6)
<b>Garnet</b>	II-B	(19)
<b>Olivina</b>	II-B	(36)
<b>Abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano</b>	II-B	(37)

É válido ressaltar que os abrasivos e fluidos utilizados na preparação de superfície incorporam em seus resíduos e efluentes substâncias como óleos, graxas, tintas, resinas, vernizes, dentre outros resíduos, os quais são classificados como resíduo Classe I. Ao fim do processo, a análise do resíduo é que permite classificá-lo. Passam, por conseguinte, a exigir métodos de disposição a exemplo do landfarming, da lavagem de resíduos contaminados, incineração ou co-processamento (5; 38). O usuário do produto é responsável por determinar, no momento do descarte, se o produto contém ou é derivado de produto químico, devendo ser assim classificado como resíduo perigoso.

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 (18).

### Quantidade de resíduo ou efluente gerado

Em termos numéricos, é possível perceber por meio da Tabela 4 as diferenças de consumo conforme tecnologias utilizadas.

**Tabela 4: Consumo de Abrasivo e Eficiência conforme Métodos de Jateamento.**

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)
Escória de Cobre	20,02 a 35,89	27,41 33,45	Jateamento a Lama	(39)
Areia	22,3	9,2	Jateamento a Lama	Da Maia (2000)
Bauxita	31,9	-	Jateamento a Seco	Uhlendorf (2000)
Escória de Carvão	50,0	4,0	Jateamento a Seco	Cluchague (2001)
Escória de Cobre	40,0	-	Jateamento a Seco	Beltov e 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)
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 (Reutilizada 2x)	30,0	-	Jateamento a Seco	Dados Práticos Coletados com Empresas do Ramo (2012)
Granalha de Aço	40,0	-	Jateamento a Seco	Beltov e Assersen (2002)
Granalha de Aço <sup>1</sup>	70,0	-	Jateamento a Seco	Ramli (2012)
Escória de Cobre	12,0	8,0	Jateamento Térmico	Cluchague (2001)
Água	670,0	10,0	Hidrojateamento com abrasivo	Dados Práticos Coletados com Empresas do Ramo (2013)
Flocos de Vidro/ Cristal	4,0			
Abrasivo micro encapsulado em esponja de poliuretano	2,0 <sup>2</sup>	10,0 <sup>3</sup>	Jateamento a Seco	Dados Práticos Coletados com Empresas do Ramo (2013)
Tipo de Fluido	Consumo de Fluido	Eficiência (m <sup>2</sup> /h)	Método	Referência
Água	670,0 l/m <sup>2</sup>	10,0	Hidrojateamento abrasivo	Dados Práticos Coletados com Empresas do Ramo (2013)
Água	20 a 25 l/min		Hidrojateamento abrasivo	(6)
Escória de Cobre	-			

Nota 1: Consumo Médio de Abrasivo de 60,0 kg/m<sup>2</sup> a 80,0 kg/m<sup>2</sup>.

Nota 2: Consumo Médio de Abrasivo de 1,0 kg/m<sup>2</sup> a 5,0 kg/m<sup>2</sup>, considerando-se em média 15 reusos.

Nota 3: Eficiência Média de 4,0 m<sup>2</sup>/h a 34,0 m<sup>2</sup>/h.

Fonte: Adaptado de (4).

Segundo a Portaria Conjunta MMA/IBAMA N° 259, de 07 de agosto de 2009 (40), deve-se incluir no Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental um capítulo tratando das “alternativas de tecnologias mais limpas para reduzir os impactos na



saúde do trabalhador e no meio ambiente, incluindo poluição térmica, sonora e emissões nocivas ao sistema respiratório”.

## **Conclusões**

---

Os entraves e as restrições ambientais com relação à aplicação do jateamento abrasivo, seja devido à necessidade por recursos hídricos, como pela exigência quanto ao devido descarte, transporte e tratamento de resíduos e efluentes implicou em uma maior preocupação quanto à compreensão com relação às emissões e os impactos ambientais oriundos da retirada da matéria-prima do meio natural e o seu consequente retorno, já como resíduo.

Desse fato incorre a necessidade de se conhecer a série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final ambientalmente adequada – inclusive sendo o setor empresarial responsável por medidas de reaproveitamento ou destinação, por meio da logística reversa.

Como sugestões de trabalhos futuros recomenda-se desenvolver a análise de ciclo de vida das tecnologias apresentadas de modo a validar-se o nível de sustentabilidade de cada uma delas.

## **Referências bibliográficas**

---

- (1) NACE INTERNATIONAL. **Prep Pack: Surface Preparation Reference Package**. 06 páginas. 2011.
- (2) SPONGE-JET INC. **720 Test Cleaning Platform Legs PVI Platform**. Disponível em: <<http://www.spongejet.com/PartnerResources/repnews.php>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2013. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2008. 02 páginas.
- (3) EPA – United States Environmental Protection Agency. **What is sustainability?** Disponível em: <<http://www.epa.gov/sustainability/basicinfo.htm#sustainability>>. Acesso em: 30 de janeiro de 2014. 01 página.
- (4) MOMBER, Andreas W. **Hydroblasting and Coating of Steel Structures**. 2003, Elsevier Science Ltd. 207 páginas.
- (5) SANTA CECÍLIA. **Resíduos – Resíduos Específicos**. Disponível em: <[http://www.santaceciliaresiduos.com.br/residuos\\_especificos.html](http://www.santaceciliaresiduos.com.br/residuos_especificos.html)>. Acesso em: 13 de dezembro de 2013. 05 páginas.
- (6) SILVEIRA, Maria José da Silva. **Contribuição para a elaboração de um sistema de gestão ambiental dos diques de manutenção e reparo do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro**. Disponível em: <[http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2010/MariaJosedaSilvaSilveira\\_PEAMB2010.pdf](http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2010/MariaJosedaSilvaSilveira_PEAMB2010.pdf)>. Acesso em: 30 de janeiro de 2014. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia e Ciências, Faculdade de Engenharia. Rio de Janeiro, 2010. 207 páginas.

- (7) SAFETECH CONSULTANTS. **Sound decibel level study**. Disponível em: <[http://www.spongejet.com/document\\_library/4\\_Technical%20References/Sound%20%28decibel%20level%29%20Study.PDF](http://www.spongejet.com/document_library/4_Technical%20References/Sound%20%28decibel%20level%29%20Study.PDF)>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2013. 27 de abril de 2001. 07 páginas.
- (8) MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. **NR 15 – Atividades e Operações Insalubres**. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20\(atualizada\\_2011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20(atualizada_2011).pdf)>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2014. 85 páginas.
- (9) MICROESFERA. **Escória de Cobre**. Disponível em: <<http://www.microesfera.com.br/?products=escoria-de-cobre>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2013. 02 páginas.
- (10) THE BALTIMORE SUN. **Federal agency investigating sand-blasting hazards - Contaminants in coal and copper slag pose risks, critics say**. Disponível em: <[http://articles.baltimoresun.com/2012-02-26/health/bs-gr-slag-beryllium-20120226\\_1\\_slag-beryllium-copper](http://articles.baltimoresun.com/2012-02-26/health/bs-gr-slag-beryllium-20120226_1_slag-beryllium-copper)>. Acesso em 30 de janeiro de 2014. 26 de fevereiro de 2012. 02 páginas.
- (11) CONAMA. **Resolução Conama N.º 003, de 28 de junho de 1990**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2013. 05 páginas.
- (12) EHOW BRASIL. **Efeitos colaterais de jateamento com escória de carvão**. Disponível em: <[http://www.ehow.com.br/efeitos-colaterais-jateamento-escoria-carvao-info\\_175144/](http://www.ehow.com.br/efeitos-colaterais-jateamento-escoria-carvao-info_175144/)>. Acesso em: 19 de dezembro de 2013. 02 páginas.
- (13) MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Portaria N.º 99, de 19 de Outubro de 2004**. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BF92910AF0633/p\\_20041019\\_99.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BF92910AF0633/p_20041019_99.pdf)>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2014. 01 página.
- (14) CRYONOMIC – Dry Ice Cleaning Solutions. **Princípio: Como Funciona?** Disponível em: <<http://www.cryonomic.com/PT/Principle>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2014. 01 página.
- (15) PETROBRAS. N-9, Rev. G: **Tratamento de Superfícies de Aço com Jato Abrasivo e Hidrojateamento**. 12 páginas. 2013.
- (16) MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. **NR 34 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval**. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DC10511012DC26BBE6F7D87/NR-34%20\(Atualizada%202011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DC10511012DC26BBE6F7D87/NR-34%20(Atualizada%202011).pdf)>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2014. 25 páginas. 2011.
- (17) EXPANJET GLOBAL. **Avaliação de Estudos de Caso e Testes envolvendo o Jateamento Abrasivo a Seco de Tanques por meio da aplicação de esponja de poliuretano reutilizável impregnada com abrasivo**. Apresentação em slides. 19 de novembro de 2013. 36 slides.

- (18) GENTIL, Vicente. **Corrosão** – 6ª edição – Rio de Janeiro: LTC, 2011. 360 páginas.
- (19) FEVI SABBIA TRICI. **Abrasivo Garblast - Garnet: as vantagens no jateamento**. Disponível em: < <http://www.fevi.it/-por/abrasivi-garblast-sabbiatura.php>>. Acesso em: 13 de dezembro de 2013. 01 página.
- (20) TREIBACHER SCHLEIFMITTEL. **Refractories**. Disponível em: <<http://www.treibacher.com.br/treibacher-schleifmittel-brasil-english-produtos-refratrios-alumina-eletrofundida.php>>. Acesso em: 28 de dezembro de 2011. 02 páginas.
- (21) SPONGE-JET INC. **Ficha de Informações de Segurança**. Disponível em: < [http://www.spongejet.com/document\\_library/PORTUGUESE/4\\_Technical%20References/C\\_MSDSheets/Silver%20Sponge%20Media%20MSDS%20-%20BR.pdf](http://www.spongejet.com/document_library/PORTUGUESE/4_Technical%20References/C_MSDSheets/Silver%20Sponge%20Media%20MSDS%20-%20BR.pdf)>. Acesso em: dezembro de 2013. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2013. 08 páginas.
- (22) SPONGE-JET INC. **Microcontainment Diagram Portuguese**. Disponível em: <[http://www.spongejet.com/document\\_library/PORTUGUESE/1\\_Overview/Microcontainment%20Diagram%20Portuguese.pdf](http://www.spongejet.com/document_library/PORTUGUESE/1_Overview/Microcontainment%20Diagram%20Portuguese.pdf)>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2013. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., [200-?]. 01 página.
- (23) SPONGE-JET INC. **Sponge-Jet Introductory Video**. Disponível em: < <http://www.spongejet.com/>>. Acesso em: 01 de agosto de 2011. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2011. Vídeo.
- (24) SPONGE-JET INC. **Low Dust Comparison Portuguese**. Disponível em: < [http://www.spongejet.com/document\\_library/PORTUGUESE/1\\_Overview/Low%20Dust%20Comparison%20Portuguese.pdf](http://www.spongejet.com/document_library/PORTUGUESE/1_Overview/Low%20Dust%20Comparison%20Portuguese.pdf)>. Acesso em: 01 de agosto de 2011. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2002. 01 página.
- (25) MERRITT, Michael T. **Case histories in chloride removal using pliant media abrasive**. Disponível em: < [http://www.spongejet.com/document\\_library/4\\_Technical%20References/A\\_Chloride%20Removal/Chloride%20Removal%20Paper.PDF](http://www.spongejet.com/document_library/4_Technical%20References/A_Chloride%20Removal/Chloride%20Removal%20Paper.PDF)>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2013. Atlanta, GA: Novembro, 2001. 05 páginas.
- (26) SPONGE-JET INC. **Sponge-Jet Introductory Brochure Portuguese**. Disponível em: < [http://www.spongejet.com/document\\_library/PORTUGUESE/1\\_Overview/Sponge-Jet%20Introductory%20Brochure%20Portuguese.pdf](http://www.spongejet.com/document_library/PORTUGUESE/1_Overview/Sponge-Jet%20Introductory%20Brochure%20Portuguese.pdf)>. Acesso em: 01 de agosto de 2011. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2007. 04 páginas.
- (27) SPONGE-JET INC. **Airborne Contaminant Comparison**. Disponível em: < [http://www.spongejet.com/document\\_library/4\\_Technical%20References/Airborne%20Contaminant%20Comparison.PDF](http://www.spongejet.com/document_library/4_Technical%20References/Airborne%20Contaminant%20Comparison.PDF)>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2013. Portsmouth: Sponge-Jet Inc., 2001. 03 páginas.
- (28) CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Air Resources Board**. Disponível em: < [http://www.spongejet.com/document\\_library/4\\_Technical%20References/California%20Air%2](http://www.spongejet.com/document_library/4_Technical%20References/California%20Air%2)

---

0Certification-CARB.pdf>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2013. Sacramento, California, 2012. 01 página.

(29) PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei N° 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 13 de dezembro de 2013. 22 páginas.

(30) SPONGE-JET INC. **Profiling and Abrading Presentation**. Disponível em: <<http://www.spongejet.com/PartnerResources/repnews.php>>. Apresentação em slides. Acesso em: 02 de janeiro de 2012. 45 slides.

(31) ABNT. 71 páginas. **Norma Brasileira ABNT NBR 10004:2004**. Segunda edição. 31.05.2004.

(32) ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS. **Aterro classe I e II**. Disponível em: <<http://www.essencis.com.br/tratamento-e-destinacao-de-residuos/aterro-classe-i-e-ii>>. Acesso em: 17 de setembro de 2012. 02 páginas.

(33) CONAMA. **Resolução Conama N.º 235, de 07 de janeiro de 1998**. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=404>>. Acesso em: 19 de dezembro de 2013. 03 páginas.

(34) IBAMA. **Manual do Sistema - Serviços On-Line - IBAMA**. Disponível em: <<https://servicos.ibama.gov.br/ctf/manual/html/031302.htm>>. Acesso em: 19 de dezembro de 2013. 01 página.

(35) AGÊNCIA MINAS. **Feam divulga inventários de Resíduos Industriais e da Mineração**. Disponível em: <<http://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticias/feam-divulga-inventarios-de-residuos-industriais-e-da-mineracao/>>. Acesso em: 03 de dezembro de 2013. 02 páginas.

(36) OLIVINA AZUL. **Olivina Azul**. Disponível em: <<http://www.olivinaazul.com.br/empresa.php>>. Acesso em: 05 de março de 2014. 01 página.

(37) ENVIRON CIENTÍFICA. **Relatório de Análise N.º 72662.09.07**. São Bernardo do Campo, 2007. 02 páginas.

(38) PIZZOLATO, Morgana. **Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/engproducao/wp-content/uploads/e-0809-gestao\\_residuos\\_p1.pdf](http://w3.ufsm.br/engproducao/wp-content/uploads/e-0809-gestao_residuos_p1.pdf)>. Acesso em: 13 de dezembro de 2013. Apresentação em slides. 44 slides.

(39) OPTA MINERALS INC. **Copper Slag**. Disponível em: <<http://www.optaminerals.com/Abrasives/Ebonygrit-Copper-Slag.html>>. Acesso em: 30 de janeiro de 2014. 03 páginas.

(40) MMA/IBAMA. **Portaria conjunta MMA/IBAMA nº 259, de 7 de agosto de 2009**. Disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao\\_ambiental/Legislacao\\_federal/PORTARIAS](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_federal/PORTARIAS)>

/PORTARIA\_CONJUNTA\_MMA\_IBAMA\_259\_2009.pdf>. Acesso em: 13 de dezembro de 2013. 01 página.