

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ITAQUERA
PROFESSOR MIGUEL REALE**

EVERALDO ELIAS ESPINDOLA

JATEAMENTO DE POCKET

**SÃO PAULO
2025**

EVERALDO ELIAS ESPINDOLA

JATEAMENTO DE POCKET

Trabalho de conclusão de curso apresentado por um aluno como requisito parcial para a obtenção do título de tecnólogo em Tecnologia em Manutenção Industrial, sob a coordenação da Fatec Itaquera, em São Paulo.

Orientador: Prof. Esp. ALEX ARNOSO

FOLHA DE APROVAÇÃO

EVERALDO ELIAS ESPINDOLA

JATEAMENTO DE POCKET

Projeto tecnológico elaborado como requisito parcial para a conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Tecnologia em Manutenção industrial.

Orientador(a): Professor Especialista
Alex Arnoso

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Alex Arnoso

Assinatura: _____

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data ____/____/____

Prof. Me. Daniel Rodrigues de Sousa

Assinatura: _____

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data ____/____/____

Prof. Me. Thiago Paula Silva de Azevedo

Assinatura: _____

Instituição: FATEC ITAQUERA

Data ____/____/____

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado tudo que tenho e principalmente por permitir que eu chegasse até aqui.

À minha querida família que sempre me cercou de amor e que colaboram em meu desenvolvimento, em especial há minha mãe Conceição Maria Espindola que é meu maior exemplo de vida.

Há meu orientador Professor Esp. Alex Arnoso pela dedicação e paciência.

Aos bibliotecários que participaram da pesquisa, sem a colaboração desses profissionais, a realização desse trabalho não seria possível.

Eu denomino meu campo de Gestão do Conhecimento, mas você não pode gerenciar conhecimento. Ninguém pode. O que você pode fazer, o que a empresa pode fazer é gerenciar o ambiente que aperfeiçoe o conhecimento. (PRUSAK, Laurence, 1997).

RESUMO

Este trabalho apresenta uma pesquisa sobre o Jateamento de Pocket, uma ferramenta compacta e inovadora desenvolvida para aplicações de jateamento de superfícies, oferecendo uma solução portátil e eficaz para diversas necessidades de limpeza e acabamento. Diferentemente das jateadeiras tradicionais, que costumam ser grandes e pesadas, a Jateadeira de Pocket é projetada para ser pequena e leve, facilitando seu transporte e manuseio em espaços restritos. Este dispositivo é ideal para trabalhos em que a mobilidade e a precisão são fundamentais, proporcionando um desempenho de alta qualidade em tarefas como remoção de oxidações, pintura ou preparação de superfícies. A Jateadeira de Pocket representa uma solução prática para profissionais e entusiastas que buscam eficiência e versatilidade em um formato compacto.

Palavras-chave: Jateadeira, Preparação de superfícies, Desempenho.

ABSTRACT

This study presents the Pocket Blaster, a compact and innovative tool designed for surface blasting applications. It offers a portable and efficient solution for various cleaning and finishing needs. Unlike traditional blasters, which are typically large and heavy, the Pocket Blaster is engineered to be small and lightweight, making it easy to transport and handle in confined spaces. This device is ideal for tasks where mobility and precision are crucial, delivering high-quality performance in activities such as rust removal, painting, or surface preparation. The Pocket Blaster represents a practical solution for both professionals and enthusiasts seeking efficiency and versatility in a compact format.

Keywords: Blaster, Surface Preparation, Performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Processo de jateamento.....	16
Figura 2 Mixador de ar e Areia	17
Figura 3 Corrosão Uniforme	23
Figura 4 Corrosão por Placas.....	23
Figura 5 Corrosão Alveolar.....	23
Figura 6 Corrosão por Pites	24
Figura 7 Corrosão em frestas.....	24
Figura 8 Pistola de Jateamento.....	25
Figura 9 Câmara de Jateamento.....	25
Figura 10 Esquema de Jateamento	26
Figura 11 Cabina de jateamento por granalhas (Nortof)	32
Figura 12 Tipos de Granalha.....	32
Figura 13 Escoria de cobre	33
Figura 14 Oxido de alumínio	33
Figura 15 Câmara de Jateamento de Pocket.....	35
Figura 16 Equipamentos utilizados	35
Figura 17 Granalha de areia.....	36
Figura 18 Antes e Depois da Parte interna da câmara de jateamento	39
Figura 19 Alteração da base da Estrutura.....	40
Figura 20 Aparência dos bicos	40
Figura 21 Corpo de prova com oxidação	44
Figura 22 Preparação do corpo de prova para teste	44
Figura 23 Corpo de prova após jateamento	45
Figura 24 Corpos de prova antes e depois	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Pesquisa de Mercado	34
Tabela 2 Tipos de Abrasivos e sua Aplicabilidade	37
Tabela 3 Condição da cabine.....	38
Tabela 4 Tipos de Abrasivos e sua Aplicabilidade	41
Tabela 5 Pressão de Trabalho	42
Tabela 6 Tipos de Granalha para a Jato de Pocket	42

LISTA DE ABREVIATURAS

PIB= Produto Interno Bruto

Q = Fluxo volumétrico do ar

r = Raio

ΔP = Diferença de pressão

η = Viscosidade do ar

L = Comprimento

Pa = Pascal

s = segundos

F = Força

m = Massa

a = Aceleração

A = Área

E_k = Energia cinética

v = Velocidade do abrasivo

t = Tempo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo geral.....	14
1.2	Objetivo específico.....	14
1.3	Justificativa	15
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	16
2.1	História.....	16
2.2	Características principais	17
2.2.1	Aplicações	18
2.3	Vantagens e Desvantagens	18
2.4	Desenvolvimento e inovação	18
2.4.1	Inovações Recentes	19
2.4.2	Tendências Atuais e Futuras	19
2.5	Propriedades do jateamento de pocket.....	20
2.6	Corrosão	21
2.6.1	Classificação da corrosão.....	22
2.6.2	Corrosão uniforme	22
2.6.3	Corrosão por placas	23
2.6.4	Corrosão alveolar	23
2.6.5	Corrosão por pites	24
2.6.6	Corrosão em frestas	24
2.7	Equipamentos de jateamento	24
2.7.1	Jateamento por sistema de pressão.....	25
2.7.2	Jateamento com mini jatos	26
2.8	Leis de jateamento de pocket	26
2.8.1	Lei de Hagen-Poiseuille (Para Fluxo de Ar).....	26
2.8.2	Lei da Dinâmica de Newton (Para Velocidade do Abrasivo)	27
2.8.3	Cálculo da Pressão do Jato Abrasivo	27
2.8.4	Cálculo da Taxa de Aplicação do Abrasivo	27
2.8.5	Lei da Energia Cinética (Para Impacto do Abrasivo)	27
2.8.6	Cálculo do Tempo de Jateamento	28
2.8.7	Cálculo do Consumo de Abrasivo	28
2.8.8	Cálculo da Eficiência do Jateamento.....	28

2.9	Custos de jateamento pocket comparado aos tradicionais	29
2.9.1	Custo Inicial do Equipamento	29
2.9.2	Custo Operacional	29
2.9.3	Custo de Operação e Mão de Obra	30
2.9.4	Custos de Desperdício e Resíduos	30
2.10	Abrasivos	31
2.10.1	Areia	31
2.10.2	Granalhas de aço	31
2.10.3	Escória de Cobre	32
2.10.4	Óxido de Alumínio	33
3	PESQUISA DE MERCADO	34
4	MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1	Materiais	35
4.1.1	Equipamentos de Jateamento	35
4.1.2	Abrasivos:	35
4.1.3	Materiais a serem Jateados:	36
5	MÉTODOS	36
5.1	ConFiguração Experimental:	36
5.2	Procedimento de Jateamento:	36
5.3	Avaliação da Eficácia:	36
5.4	Análise de Dados:	37
5.4.1	Descrição das Colunas:	37
6	RESULTADOS ESPERADOS	38
6.1	Condição antes da Modificação	38
6.2	Condição depois da modificação	38
6.3	Modificação da estrutura da base de sustento da jateadora	39
6.4	Substituição dos Bicos de Jateamento e Avaliação de Peças	40
6.5	Técnica Jato de Pocket	41
6.6	Cálculo de Vazão de Ar para o Compressor	43
7	RESULTADOS OBTIDOS	44
8	CONCLUSÕES	46

1 INTRODUÇÃO

A Jateadeira de pocket representa uma inovação significativa no campo das ferramentas de jateamento, destacando-se por sua capacidade de combinar compactação e eficiência em um único dispositivo. Tradicionalmente, as jateadeiras são grandes e pesadas, o que limita a aplicação em espaços reduzidos, torna seu transporte e o manuseio mais desafiadores (Smith, 2021). Em resposta a essas limitações, a Jateadeira de pocket foi projetada para ser compacta e leve, proporcionando uma solução prática e acessível para uma variedade de tarefas de limpeza e acabamento (Johnson, Lee, 2023).

A concepção da Jateadeira de pocket visa atender à crescente demanda por ferramentas que ofereçam flexibilidade e mobilidade, sem comprometer o desempenho (Davis et al., 2020). Estudos recentes indicam que o design compacto não apenas facilita o uso em ambientes confinados, mas também melhora a precisão e a eficácia em processos de jateamento, como remoção de ferrugem e a preparação de superfícies para pintura (Martínez, 2019). Além disso, a Jateadeira de pocket oferece uma alternativa econômica e eficiente em comparação com os modelos tradicionais, refletindo uma tendência de inovação na engenharia de ferramentas (Brown, 2022).

Este avanço tecnológico é particularmente relevante para profissionais e entusiastas que necessitam de ferramentas versáteis e adaptáveis, capazes de atender às exigências de diversos tipos de projetos e ambientes de trabalho (Miller, Clark, 2024). A Jateadeira de pocket, portanto, não apenas representa um avanço na tecnologia de jateamento, mas também uma resposta às necessidades práticas do mercado moderno.

A Jateadeira de pocket é um equipamento essencial para diversas aplicações industriais e para manutenção, oferecendo soluções práticas para limpeza e preparação de superfícies. Este equipamento se destaca por sua portabilidade e eficácia, sendo amplamente utilizado em setores como jardinagem, manutenção predial e até na construção civil.

A Jateadeira de pocket é uma ferramenta compacta e portátil projetada para aplicações de jateamento, uma técnica utilizada para limpar, preparar e acabar superfícies através do impacto de abrasivos lançados a alta velocidade. Ao contrário das jateadeiras tradicionais, que costumam ser grandes e pesadas, a Jateadeira de

pocket é projetada para ser pequena, leve e de fácil manuseio, ideal para ambientes onde espaço é limitado e a portabilidade é crucial (Smith, 2021).

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral da pesquisa sobre a Jateadeira de pocket é analisar e avaliar a eficácia e as vantagens deste dispositivo compacto em comparação com as jateadeiras tradicionais. A pesquisa visa explorar como a Jateadeira de pocket contribui para a eficiência em operações de jateamento, destacando sua portabilidade, desempenho e aplicabilidade em diferentes contextos de trabalho. A análise busca identificar as principais características que tornam a Jateadeira de pocket uma ferramenta inovadora e prática para limpeza e preparação de superfícies, além de avaliar suas limitações e potencial de mercado em comparação com modelos maiores e mais pesados.

1.2 Objetivo específico

Analisar o desempenho da Jateadeira de pocket em comparação com jateadeiras tradicionais em termos de eficiência e eficácia na limpeza e preparação de superfícies.

Avaliar a portabilidade e facilidade de manuseio da Jateadeira de pocket, identificando as vantagens e limitação nos ambientes de trabalho restritos e móveis.

1. Investigar sua durabilidade e a robustez da Jateadeira de pocket, considerando sua capacidade de suportar condições de uso intensivo e sua resistência a desgastes.

2. Analisar a flexibilidade da Jateadeira de pocket em relação a diversos tipos de abrasivos e superfícies, avaliando sua versatilidade em aplicações industriais e de manutenção.

3. Comparar o custo-benefício da Jateadeira de pocket em relação às jateadeiras tradicionais, analisando a relação entre preço, desempenho e durabilidade para determinar sua viabilidade econômica.

Esses objetivos específicos ajudam a direcionar a pesquisa para aspectos concretos e mensuráveis da Jateadeira de pocket.

1.3 Justificativa

A aquisição da Jateadeira de pocket é respaldada por sua versatilidade e eficácia em tarefas específicas. Este equipamento é desenvolvido para proporcionar uma solução prática e eficiente para a limpeza e manutenção de áreas de difícil acesso, permitindo uma operação mais rápida e com menor esforço físico por parte dos usuários.

Seu formato compacto e portátil facilita o transporte e a manuseio, tornando-o ideal para uso em ambientes limitados ou para trabalhos que exigem uma abordagem mais precisa. Além disso, a Jateadeira de pocket é uma ferramenta de alto desempenho, capaz de oferecer resultados superiores em menos tempo, o que pode aumentar significativamente a produtividade e reduzir os custos operacionais a longo prazo.

Portanto, a incorporação da Jateadeira de pocket à operação é uma decisão estratégica que visa otimizar a eficiência das atividades realizadas e garantir a qualidade dos resultados obtidos.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 História

O processo foi registrado em 1870 por Chew Tilghman. Em termos industriais, o marco inicial da evolução do processo de jateamento pode, com justiça, ser atribuído a Tilghman, que em 1870 solicitou a primeira patente relacionada a ele. Curiosamente, a ideia lhe surgiu ao observar a marca da grade sobre uma janela após uma tempestade de areia. A primeira aplicação prática que imaginou foi a gravação de letras em lápides de granito utilizando máscaras. A areia foi o primeiro abrasivo a ser utilizado empiricamente nos processos de limpeza, naturalmente devido à sua abundância e consequentemente ao baixo custo. Tilghman concebeu um sistema através do qual um jato de areia, impulsionado por vapor a grande velocidade, limpava e ornamentava lápides de túmulos e também se prestava a criações artísticas em vidros. Logo depois da invenção da máquina, o fenômeno do fosqueamento se alastrou pela Europa, tendo como fonte de inspiração o movimento Art. Nouveau. Conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 Processo de jateamento

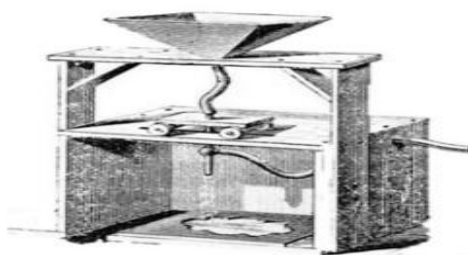


Fonte: Pietro, 2020

Em 1885, outro americano, Mathewson, aprimorou a invenção, registrando um misturador de ar e areia que substituiu o vapor pelo ar comprimido. O jateamento, então, deixou de ser apenas uma arte e passou a ser uma ciência. O grande impulso para o desenvolvimento desse novo recurso está relacionado a uma batalha naval durante a Guerra Civil americana, ocorrida alguns anos antes (1862). Os navios de construção metálica, o Merrimac, Confederado, e o Monitor da União, travaram um combate que evidenciou a enorme superioridade dos cascos metálicos em relação aos de madeira, provocando uma revolução na construção naval. A Inglaterra rapidamente modernizou sua frota. Portanto, o processo de jateamento se caracteriza pela utilização de abrasivos deslocados em alta velocidade, provocando o impacto de partículas sobre uma superfície, visando à remoção de tinta, ferrugem e outros

materiais contaminantes, preparando o substrato para receber um novo tratamento superficial e criando um perfil de rugosidade favorável à aderência do revestimento a ser aplicado após o jateamento. Dos diversos métodos utilizados, a decapagem mecânica a seco por meio do jato de abrasivos sob pressão atmosférica resulta em uma preparação de superfície uniforme e, por isso, é na maioria das vezes o mais empregado. Conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2 Mixador de ar e Areia



Fonte: Wikipédia Commons

Esse mesmo Tilghman requereu, sucessivamente, patentes de granalha de aço, turbinas e outros aperfeiçoamentos, podendo-se dizer que ele praticamente esgotou o processo de jateamento, deixando para as gerações futuras apenas a incumbência de aprimorá-lo. Atualmente, é uma ferramenta industrial de alta precisão, explorada em toda a sua capacidade. A intrigante história do processo de jatear inspirou o desenvolvimento de diversos métodos e aplicações.

2.2 Características principais

1. Compactação e Portabilidade: A principal vantagem da Jateadeira de pocket é seu design compacto, que facilita o transporte e o uso em locais de difícil acesso. Essa característica a torna especialmente útil para trabalhos em áreas restritas ou móveis (Johnson, Lee, 2023).

2. Desempenho e Eficiência: Apesar de seu tamanho reduzido, a Jateadeira de pocket é projetada para oferecer um desempenho eficiente comparável às jateadeiras maiores. Ela é capaz de realizar tarefas de jateamento com precisão, proporcionando resultados de alta qualidade em aplicações como remoção de ferrugem, limpeza de superfícies e preparação para pintura (Davis et al., 2020).

3. Facilidade de Uso: A Jateadeira de pocket é geralmente equipada com controles intuitivos e ergonomicamente projetados, que permitem um manuseio mais fácil e confortável. Seu design facilita a operação em diversos ângulos e posições (Martínez, 2019).

4. Versatilidade: Este tipo de Jateadeira pode ser adaptado para diferentes tipos de abrasivos e superfícies, aumentando sua versatilidade em uma variedade de aplicações industriais e de manutenção (Brown, 2022).

2.2.1 Aplicações

A Jateadeira de pocket é ideal para uma ampla gama de aplicações:

- **Manutenção e Reparos:** Perfeita para manutenção de equipamentos e reparos em pequenas peças ou componentes.
- **Limpeza de Superfícies:** Utilizada para remover sujeiras, ferrugem e resíduos de superfícies metálicas e não metálicas.
- **Preparação de Superfícies:** Eficaz na preparação de superfícies para pintura, garantindo uma aderência adequada da camada de tinta (Miller, Clark, 2024).

2.3 Vantagens e Desvantagens

Vantagens:

- **Portabilidade:** Facilita o trabalho em locais de difícil acesso e reduz o esforço de transporte.
- **Eficiência:** Proporciona um desempenho eficaz apesar do tamanho reduzido.
- **Ergonomia:** Melhor conforto e controle durante o uso.

Desvantagens:

- **Capacidade Limitada:** Pode ter uma capacidade menor de armazenamento de abrasivos e menor poder de jateamento em comparação com modelos maiores.
- **Durabilidade:** Pode não ser tão robusta quanto jateadeiras maiores e mais pesadas, dependendo da aplicação e da frequência de uso.

2.4 Desenvolvimento e inovação

O desenvolvimento da Jateadeira de pocket reflete uma tendência crescente de miniaturização e otimização de ferramentas industriais. Os avanços tecnológicos têm permitido a criação de dispositivos menores que não comprometem o desempenho, atendendo às demandas de um mercado que busca soluções mais flexíveis e adaptáveis (Davis et al., 2020; Miller, Clark, 2024).

Origens e Desenvolvimento Inicial

A ideia de utilizar jatos para limpeza e preparação de superfícies tem suas raízes em técnicas mais antigas de jateamento e pulverização. O conceito inicial pode ser rastreado até o desenvolvimento das Jateadeiras industriais no final do século XIX,

que eram grandes e pesadas, projetadas principalmente para uso em ambientes industriais (Smith, 2001).

As primeiras Jateadeiras portáteis começaram a surgir nas décadas de 1950 e 1960, quando o avanço na tecnologia de compressão e materiais permitiu a criação de equipamentos menores e mais manejáveis. Segundo (Johnson, Lee, 1985), o avanço das tecnologias de plástico e metal leve permitiu que essas ferramentas se tornassem mais acessíveis e amplamente utilizáveis em diferentes contextos.

Avanços tecnológicos e diversificação

Durante as décadas de 1970 e 1980, as Jateadeiras de pocket passaram por importantes avanços tecnológicos. A introdução de motores elétricos compactos e o desenvolvimento de materiais mais resistentes permitiram que as Jateadeiras se tornassem ainda mais portáteis e eficazes (Brown, 1992). O aumento da demanda por equipamentos de limpeza mais versáteis e eficientes resultou na diversificação das Jateadeiras de pocket, que começaram a ser adaptadas para diferentes tipos de aplicações, como a limpeza de componentes eletrônicos e a manutenção de veículos (Davis, 1998).

2.4.1 Inovações Recentes

Nos anos 2000 e 2010, a inovação na tecnologia de baterias e sistemas de controle eletrônico trouxe novas melhorias para as Jateadeiras de pocket. A introdução de modelos com baterias recarregáveis e sistemas de ajuste eletrônico possibilitou uma operação mais precisa e eficiente (Miller, 2007). Além disso, a crescente preocupação com questões ambientais levou ao desenvolvimento de Jateadeiras que consomem menos água e produtos químicos, contribuindo para práticas de limpeza mais sustentáveis (Wilson, 2014).

2.4.2 Tendências Atuais e Futuras

Atualmente, a tendência é a integração de tecnologias avançadas, como sensores e controle inteligente, para aumentar ainda mais a eficiência das Jateadeiras de pocket. Modelos modernos estão incorporando recursos como controle remoto e automação para facilitar a operação e otimizar os resultados (Anderson, 2020). O futuro das jateadeiras de pocket parece promissor, com contínuas inovações tecnológicas e um foco crescente em sustentabilidade e eficiência.

2.5 Propriedades do jateamento de pocket

O jateamento de pocket, também conhecido como "pocket blasting" ou "pocket shot blasting," é um método utilizado principalmente para limpar, preparar superfícies e remover contaminantes de materiais. Ele é frequentemente empregado na indústria da construção, metalurgia e manutenção. Aqui estão algumas das propriedades e características desse processo:

1. **Método de Aplicação:** O jateamento de pocket utiliza uma câmara ou compartimento (o "pocket") onde o material a ser limpo ou tratado é colocado. Dentro dessa câmara, um jato de abrasivo é direcionado para a superfície do material.
2. **Tipo de Abrasivo:** O processo pode usar diversos tipos de abrasivos, como esferas de aço, granalhas de vidro, areia ou outros materiais abrasivos. A escolha do abrasivo depende do tipo de superfície e do objetivo do jateamento.
3. **Controle da Pressão e Velocidade:** A pressão e a velocidade do jato abrasivo são ajustáveis, permitindo um controle preciso sobre a intensidade do tratamento. Isso ajuda a evitar danos ao material e garante que a superfície seja limpa ou preparada conforme desejado.
4. **Capacidade de Limpeza:** É eficaz na remoção de ferrugem, tinta, resíduos de solda e outros contaminantes. É amplamente utilizado para preparar superfícies metálicas para pintura ou revestimento.
5. **Uniformidade:** O jateamento de pocket oferece uma aplicação uniforme do abrasivo, resultando em uma limpeza ou preparação de superfície consistente. A câmara ajuda a manter o controle sobre o processo e a minimizar a dispersão do abrasivo.
6. **Segurança:** O processo é geralmente realizado em ambientes controlados, como cabines de jateamento, para proteger os operadores da exposição ao abrasivo e ao pó gerado.
7. **Eficiência e Tempo:** Pode ser mais eficiente e rápido do que métodos manuais de limpeza ou preparação de superfície, especialmente para peças e superfícies complexas.
8. **Recuperação do Abrasivo:** Em alguns sistemas de jateamento de pocket, o abrasivo pode ser recuperado e reciclado, o que ajuda a reduzir custos e minimizar desperdícios.

9. Impacto Ambiental: Dependendo do abrasivo utilizado e do tipo de contaminantes removidos, pode ser necessário considerar a gestão de resíduos e o impacto ambiental do processo.

10. Manutenção: O equipamento de jateamento de pocket precisa de manutenção regular para garantir o funcionamento eficiente e prolongar a vida útil das peças e componentes.

Essas propriedades tornam o jateamento de pocket uma escolha popular para várias aplicações industriais e de manutenção, oferecendo uma abordagem eficaz e controlada para a preparação e limpeza de superfícies.

2.6 Corrosão

Corrosão pode ser definida como a deterioração que ocorre quando um material reage com o meio ambiente, resultando na perda de suas propriedades. Alguns autores afirmam que o processo de corrosão é o inverso da siderurgia, que é a técnica utilizada para a obtenção do aço. Inicialmente, a siderurgia utiliza o minério de ferro como principal matéria-prima, processando-o para gerar produtos siderúrgicos, como barras, perfis, bobinas e chapas de aço. Com o tempo, esses materiais, expostos à ação do meio ambiente, sofrem corrosão (ferrugem) e retornam ao estado inicial de minério de ferro.

O aço é amplamente empregado, representando 90% de todo o material utilizado em setores como o automobilístico, fabricação de máquinas, metalurgia, agricultura, linha branca e construção civil. Seu uso em grande escala é um indicador do crescimento de um país, sendo que o consumo de aço também pode ser utilizado como um parâmetro para medir esse crescimento.

Considerando a quantidade de materiais de aço suscetíveis à ação da corrosão, é evidente que todos os equipamentos e itens de aço devem ser tratados adequadamente para evitar os efeitos nocivos desse fenômeno. Estudos indicam que o custo da corrosão, em uma perspectiva mundial, representa aproximadamente 3,5% do PIB. Nos Estados Unidos, esse custo é estimado em cerca de US\$ 276 bilhões. Ao se adaptar esses números ao PIB brasileiro, o dispêndio relacionado à corrosão poderia alcançar um valor anual de R\$ 80 bilhões. Esse montante é significativo quando se considera a necessidade de combater a corrosão que afeta o aço.

Os custos associados à corrosão podem ser classificados como diretos e incluem: a substituição de materiais por alternativas mais resistentes à corrosão, como

o aço inoxidável; a adaptação do ambiente para reduzir sua corrosividade; os custos de proteção superficial do aço, como tintas e revestimentos; e os investimentos em técnicas de proteção catódica. Esses custos diretos refletem apenas uma parte do impacto econômico da corrosão, não levando em conta os custos indiretos, que também podem ser substanciais:

Custos pela substituição por material mais resistente à corrosão, como o aço inoxidável por exemplo;

- Custos para condicionamento do meio ambiente corrosivo;
- Custos da proteção superficial do aço, como tintas e outros revestimentos;
- Custos com técnicas de proteção catódica esses custos listados são os facilmente computados, mas não entra nessa conta os custos Indiretos, como:
 - Parada de processo para manutenção;
 - Perda de água por vazamento;
 - Contaminação de produto (água) ou do meio ambiente;
 - Acidentes fatais com perda de vida ...

2.6.1 Classificação da corrosão

A corrosão, em relação a estruturas e equipamentos de aço, pode ser classificada de diversas maneiras. Entre os tipos de corrosão existentes, destacam-se as seguintes categorias:

2.6.2 Corrosão uniforme

Esse tipo de corrosão ocorre quando o aço está exposto ao ar atmosférico, sendo afetado pela umidade e pelo oxigênio.

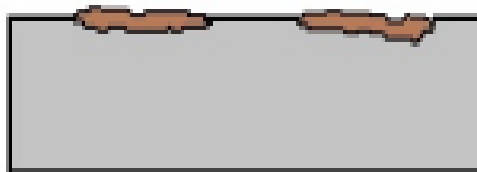
Nesse processo, a corrosão se manifesta em toda a extensão da superfície, resultando em uma perda uniforme da espessura do material e na formação de escamas de ferrugem. Conforme demonstrado na Figura 3

Figura 3 Corrosão Uniforme

Fonte: Pietro,2020

2.6.3 Corrosão por placas

Esse tipo de corrosão se manifesta em regiões específicas da superfície metálica, em vez de ocorrer em toda a sua extensão. Como resultado, formam-se placas com escavações na área afetada. Conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4 Corrosão por Placas

Fonte: Pietro,2020

2.6.4 Corrosão alveolar

Esse tipo de corrosão ocorre produzindo sulcos ou escavações semelhantes a alvéolos, caracterizados por um fundo arredondado e uma profundidade geralmente menor do que o seu diâmetro. Conforme demonstrado na Figura 5

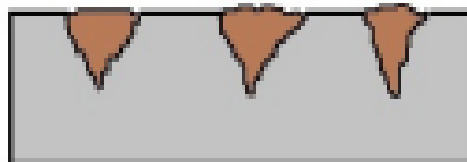
Figura 5 Corrosão Alveolar

Fonte: Pietro,2020

2.6.5 Corrosão por pites

Esse tipo de corrosão ocorre em pequenos pontos da superfície metálica, formando cavidades profundas chamadas **pites** (ou **pitting** em inglês). Conforme demonstrado na Figura 6

Figura 6 Corrosão por Pites

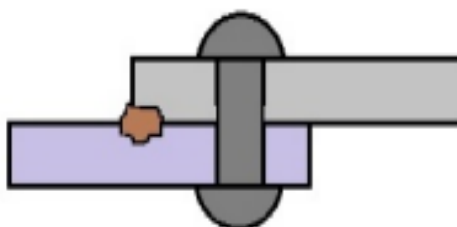


Fonte: Pietro,2020

2.6.6 Corrosão em frestas

Quando há uma fresta na junção de duas peças de aço e o oxigênio e a umidade conseguem penetrar, forma-se uma célula de oxigenação diferenciada. Essa diferença de concentração de oxigênio resulta na ocorrência de corrosão. Conforme demonstrado na Figura 7

Figura 7 Corrosão em frestas



Fonte: Pietro,2020

2.7 Equipamentos de jateamento

Os dispositivos empregados no processo de jateamento compreendem uma ampla gama de sistemas, sendo essencial oferecer uma explicação detalhada sobre os mais utilizados, apesar da vastidão e complexidade do tema, que se expandem constantemente com as inovações tecnológicas emergentes. Um dos métodos predominantes é o jateamento por sistema de sucção, no qual o abrasivo é conduzido até o bico da pistola por meio de sucção, de maneira análoga às pistolas convencionais de pintura. A eficiência e o desempenho do jateamento estão

intimamente ligados à produção de ar comprimido, sendo este fator determinante para a taxa de fluxo e o rendimento do processo. Conforme demonstrado na Figura 8

Figura 8 Pistola de Jateamento



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Jateamento_abrasivo

Este sistema se caracteriza por sua maior simplicidade, uma vez que os reservatórios de abrasivos não operam sob pressão de ar, além de utilizarem normalmente uma vazão de ar mais baixa. Em geral, são empregados abrasivos de menor peso, como microesferas de vidro, óxido de alumínio e garnet. Esse método é comumente utilizado para processos de jateamento em serviços de menor intensidade, tais como: limpeza de peças de alumínio, cobre e aços com pouca oxidação, remoção de tinta antiga com fraca aderência, fosqueamento de vidro, entre outros. Conforme demonstrado na Figura 9

Figura 9 Câmara de Jateamento



Fonte: <https://www.cmv.com.br/jateamento-ar-comprimido>

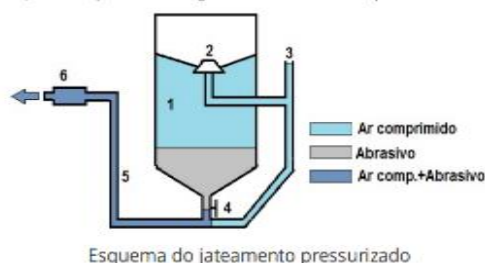
2.7.1 Jateamento por sistema de pressão

Todo equipamento de jateamento sob pressão é composto por uma unidade pressurizada que integra diversos componentes essenciais, cada um com uma função específica no processo. Estes componentes básicos são:

Todo equipamento de jateamento sob pressão possui uma unidade pressurizada composta por componentes essenciais: (1) **tanque de pressão** (armazena o abrasivo), (2) **válvula obturadora** (isola o tampo do vaso sob pressão), (3) **válvula de pressurização** (controla a entrada de ar), (4) **válvula dosadora** (define a quantidade de abrasivo), (5) **mangueira** (conduz abrasivo e ar comprimido) e (6) **bico de jato**

(direciona o fluxo sobre a superfície). Esses elementos garantem eficiência e segurança no processo, conforme mostrado na Figura 10.

Figura 10 Esquema de Jateamento



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Jateamento_abrasivo

2.7.2 Jateamento com mini jatos

Os minis jatos operam com granelhas em um circuito fechado de recuperação do abrasivo, o que garante a reutilização do material e aumenta a eficiência do processo. São especialmente indicados para o tratamento de áreas restritas e de difícil acesso, como cordões de solda, quinas e cantos, graças ao seu bico especializado, projetado para realizar o jateamento dessas regiões de forma precisa e eficaz. Este tipo de equipamento, de jateamento em circuito fechado, é oferecido pela CMV, destacando-se pela sua versatilidade e eficiência em operações que demandam um alto grau de precisão.

2.8 Leis de jateamento de pocket

O processo de jateamento, incluindo o jateamento de pocket, é regido por princípios físicos e matemáticos que ajudam a otimizar a eficiência e a eficácia. Vamos explorar algumas das leis e cálculos importantes para entender e aplicar o jateamento de pocket:

2.8.1 Lei de Hagen-Poiseuille (Para Fluxo de Ar)

Princípio: Esta lei é usada para calcular o fluxo de ar através de um tubo, o que é relevante para sistemas de jateamento onde o ar comprimido é utilizado. A equação é:

$$Q = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta P}{8 \cdot \eta \cdot L} \quad (1)$$

Q = Fluxo volumétrico do ar (m^3/s)

r = Raio do tubo (m)

ΔP = Diferença de pressão (Pa)

η = Viscosidade do ar ($Pa \cdot s$)

L = Comprimento do tubo (m)

2.8.2 Lei da Dinâmica de Newton (Para Velocidade do Abrasivo)

Princípio: A força aplicada pelo jato abrasivo é dada pela fórmula de Newton, que influencia a velocidade e a eficácia do jateamento:

$$F = m \cdot a \quad (2)$$

F = Força (N)

m = Massa do abrasivo (kg)

a = Aceleração (m/s^2)

2.8.3 Cálculo da Pressão do Jato Abrasivo

Princípio: A pressão do jato de abrasivo pode ser calculada usando a fórmula:

$$P = F \cdot A \quad (3)$$

P = Pressão (Pa)

F = Força do jato abrasivo (N)

A = Área do bico de jateamento (m^2)

2.8.4 Cálculo da Taxa de Aplicação do Abrasivo

Princípio: A quantidade de abrasivo aplicada pode ser calculada com base na taxa de fluxo e na densidade do abrasivo:

$$taxa\ de\ aplicação = \frac{Fluxo\ do\ Abrasivo}{Área\ da\ Superfície} \quad (4)$$

Taxa de Aplicação ($kg / m^2 \cdot min$)

Fluxo do Abrasivo (kg / min)

Área da Superfície (m^2)

2.8.5 Lei da Energia Cinética (Para Impacto do Abrasivo)

Princípio: A energia cinética do abrasivo quando atinge a superfície é importante para determinar a eficiência do jateamento. A fórmula é:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \quad (5)$$

E_k = Energia cinética (J)

m = Massa do abrasivo (kg)

v = Velocidade do abrasivo (m/s)

2.8.6 Cálculo do Tempo de Jateamento

Princípio: O tempo necessário para jatear uma superfície pode ser estimada com base na área e na taxa de aplicação:

$$t = \frac{\text{Área}}{\text{Taxa de Aplicação}} \quad (6)$$

t = Tempo (min)

Área = Área total a ser jateada (m^2)

Taxa de Aplicação = Taxa de cobertura (m^2/min)

2.8.7 Cálculo do Consumo de Abrasivo

Princípio: A quantidade total de abrasivo consumida pode ser calculada usando a taxa de aplicação e o tempo de operação:

$$\text{Consumo de Abrasivo} = \text{Taxa de Aplicação} \times t \quad (7)$$

- Consumo de Abrasivo (kg)
- Taxa de Aplicação (kg/min)
- t = Tempo de operação (min)

2.8.8 Cálculo da Eficiência do Jateamento

Princípio: A eficiência pode ser avaliada comparando a quantidade de abrasivo utilizado e a área efetivamente limpa:

$$\text{taxa de aplicação} = \frac{\text{Área Limpada}}{\text{Área Total}} \times 100 \quad (8)$$

Área Limpada = Área efetivamente limpa (m^2)

Área Total = Área total a ser limpa (m^2)

Essas leis e cálculos são essenciais para projetar, operar e otimizar sistemas de jateamento de pocket. Eles ajudam a garantir que o processo seja eficiente, econômico e seguro. Ajustar os parâmetros com base em cálculos precisos pode melhorar significativamente a qualidade e a consistência do jateamento.

2.9 Custos de jateamento pocket comparado aos tradicionais

A análise comparativa dos custos entre o jateamento de pocket e os métodos convencionais revela diferenças significativas em diversos aspectos do processo. A seguir, é apresentado um resumo das principais considerações financeiras associadas a cada método:

2.9.1 Custo Inicial do Equipamento

O **jateamento de pocket** frequentemente apresenta um custo inicial mais elevado em comparação com os métodos convencionais. Isso se deve à complexidade adicional dos sistemas de pocket, que incluem câmaras de jateamento e sistemas de recuperação de abrasivo. Esses sistemas são projetados para maximizar a eficiência e a recuperação do abrasivo, mas o investimento inicial pode ser substancial.

Por outro lado, o **jateamento convencional** tende a ter um custo inicial menor. Equipamentos convencionais, como sopradores e sistemas de ar comprimido, geralmente apresentam uma configuração mais simples e, conseqüentemente, um custo inicial mais reduzido. No entanto, o custo total pode aumentar com a adição de equipamentos auxiliares e acessórios.

2.9.2 Custo Operacional

O custo operacional do **jateamento de pocket** pode ser mais eficiente a longo prazo devido a várias características do sistema:

- **Consumo de Abrasivo:** O sistema de pocket permite a recuperação e reciclagem do abrasivo, resultando em uma redução significativa nos custos com materiais.
- **Energia:** A eficiência do sistema fechado pode levar a uma economia de energia, reduzindo o custo operacional relacionado ao consumo de ar comprimido.
- **Manutenção:** Embora a manutenção seja necessária para garantir o funcionamento adequado do sistema de recuperação de abrasivo, os custos podem ser compensados pela economia de materiais e energia.

Em contraste, o **jateamento convencional** pode apresentar os seguintes custos operacionais:

- **Consumo de Abrasivo:** O abrasivo não é recuperado de forma eficiente, o que pode levar a um aumento nos custos com reposição contínua.

- **Energia:** Pode haver um maior consumo de energia devido à necessidade de ventilação e ao uso contínuo de ar comprimido.

- **Manutenção:** O equipamento convencional pode exigir menos manutenção em comparação com sistemas mais complexos, embora o desgaste do equipamento possa resultar em custos adicionais.

2.9.3 Custo de Operação e Mão de Obra

O **jateamento de pocket** pode ser mais eficiente em termos de operação e mão de obra:

- **Eficiência:** A maior eficiência do jateamento de pocket pode reduzir o tempo de operação e a necessidade de retrabalho, resultando em menores custos com mão de obra.

- **Segurança:** O ambiente controlado reduz a exposição dos operadores ao abrasivo e ao pó, possivelmente diminuindo os custos com equipamentos de proteção individual e despesas relacionadas à saúde.

Por outro lado, o **jateamento convencional** pode implicar custos maiores:

- **Eficiência:** A menor eficiência pode levar a maiores tempos de operação e custos adicionais com retrabalho.

- **Segurança:** A maior exposição ao abrasivo e ao pó pode aumentar os custos com proteção e possíveis compensações de saúde.

2.9.4 Custos de Desperdício e Resíduos

O **jateamento de pocket** geralmente apresenta menores custos associados ao desperdício e à gestão de resíduos:

- **Desperdício:** A recuperação e reciclagem de abrasivo reduzem o desperdício e os custos relacionados.

- **Resíduos:** A gestão de resíduos pode ser mais eficiente, com menor impacto ambiental e custos reduzidos de descarte.

Em contraste, o **jateamento convencional** pode ter:

- **Desperdício:** Maior desperdício de abrasivo e necessidade de reposição contínua, aumentando os custos com materiais.

- **Resíduos:** Maior custo associado à gestão e descarte de resíduos abrasivos e poeira.

2.10 Abrasivos

Os materiais abrasivos mais frequentemente utilizados em processos de jateamento incluem areia, esferas de aço e óxido de alumínio.

2.10.1 Areia

A areia é um abrasivo de origem natural, extraída de rios ou jazidas. Seu custo é baixo, mas seu uso exige precauções rigorosas, como a utilização de proteção respiratória, especialmente em ambientes ao ar livre, onde não há restrições. Isso se deve ao seu alto teor de sílica livre, uma substância que, quando inalada, pode causar sérios problemas respiratórios, incluindo a silicose. O impacto da areia contra as superfícies resulta na fragmentação das partículas, gerando poeira fina. Após o processo de jateamento, cerca de 70% da areia se transforma em pó, e sua reciclagem é limitada, com um máximo de dois ciclos. Após esse ponto, a areia se degrada completamente, tornando-se inutilizável. O descarte do pó gerado torna-se um problema ambiental significativo, especialmente no caso de jateamento de tintas antigas que contenham metais pesados. Em função dos riscos à saúde, o uso de areia para jateamento é proibido em todo o território brasileiro. A poeira gerada também pode danificar equipamentos elétricos e mecânicos. Em ambientes fechados, como cabinas de jateamento, o uso de areia torna-se antieconômico, pois o custo final chega a ser cerca de seis vezes superior ao das granalhas de aço. A proibição do uso de areia no jateamento foi formalizada por uma Portaria do Ministério do Trabalho e Emprego (Portaria nº 99, de 19 de outubro de 2004), que visou prevenir doenças respiratórias graves, como a silicose, e o aumento do risco de câncer de pulmão associado à exposição à sílica livre.

2.10.2 Granalhas de aço

As granalhas de aço, por sua vez, são amplamente utilizadas em processos de jateamento devido à sua alta eficácia na remoção de impurezas, oxidação, tintas, vernizes e revestimentos antigos. Esses abrasivos possuem uma dureza considerável e uma forma que pode ser angular ou esférica, o que permite uma penetração eficiente nas camadas superficiais das peças, deslocando impurezas com grande eficiência.

Além disso, sistemas automáticos de recuperação das granalhas, como pisos gradeados, transportadores helicoidais, elevadores de canecas e sistemas de

purificação, garantem a reciclagem e o reaproveitamento do material, prolongando sua vida útil e otimizando os custos operacionais. Conforme demonstrado na Figura 11.

Figura 11 Cabina de jateamento por granalhas (Nortof)



Fonte: Pietro, 2020

O sistema mais simples de recuperação manual de granalhas é extremamente extenuante para o operador, uma vez que cada pá de granalhas pode pesar cerca de 10 kg. As granalhas são fabricadas com um tipo de aço especial, de alta dureza, e estão disponíveis em dois formatos: esférico (shot) e angular (grit). O shot possui dureza entre 40 e 50 Rockwell C, podendo ser reciclado até 450 vezes, enquanto o grit, com dureza de 55 a 60 Rockwell C, permite até 350 ciclos de reutilização. Para a limpeza de estruturas, geralmente são utilizadas granalhas com especificações S-330 até S-230 e G-18 até G-40, que são mais adequadas para esse tipo de aplicação. Conforme demonstrado na Figura 12

Figura 12 Tipos de Granalha



Fonte: Pietro, 2020

2.10.3 Escória de Cobre

Também conhecida como Copper Slag (escória de cobre), esse material é gerado na fusão e refino do minério de cobre, formando principalmente Fayalita (silicato ferroso). Após resfriamento rápido com jato de água, a escória se transforma em grãos que são secos e peneirados. Trata-se de um material granulado, escuro, seco, não higroscópico e com alta dureza (superior a 6 na escala de Mohs), ideal para jateamento. Segundo a fabricante Caraíba Metais, é não tóxica e não prejudicial ao

meio ambiente, com densidade entre 3,30 e 3,90 g/cm³, conforme demonstrado na Figura 13.

Figura 13 Escoria de cobre



Fonte: Caraíba Metais

2.10.4 Óxido de Alumínio

O óxido de alumínio é um material derivado da bauxita, principal fonte de alumínio, com elevado teor de óxido de alumínio (Al₂O₃). Sua principal vantagem é a ausência de sílica cristalina livre (SiO₂), uma substância prejudicial à saúde. Composto predominantemente por óxido de alumínio marrom e ferrosilício, esse abrasivo é livre de sílica livre, o que o torna uma opção mais segura em comparação com outros materiais abrasivos. A liga ferro-siliciosa é composta por cerca de 85% de ferro e 15% de silício. De acordo com o fabricante Mineração Curimbaba, a dureza do óxido de alumínio na escala de Mohs é 9, o que confere a ele uma grande eficiência em processos de jateamento. Conforme demonstrado na Figura 14.

Figura 14 Oxido de alumínio



Fonte: Mineração Curimbaba

3 PESQUISA DE MERCADO

Com o objetivo de identificar os custos médios praticados no mercado para os componentes substituídos na jateadeira tipo Pocket, foi realizada uma pesquisa de preços junto a fornecedores online e físicos especializados em equipamentos para jateamento abrasivo. Conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 Pesquisa de Mercado

Item Substituído	Descrição	Valor Mínimo (R\$)	Valor Médio (R\$)	Valor Máximo (R\$)	Utilizados no Equipamento (R\$)
Bico de Jato	Cerâmica ou Tungstênio Ø 6 mm	24,00	150,00	300,00	42,00
Mangueira de Abrasivo	5 metros	120,00	180,00	250,00	1 m valor 24,00
Luvas para Jateamento	Borracha reforçada com tecido	80,00	120,00	180,00	54,00
Vidro Visor da Cabine	Vidro temperado ou policarbonato	40,00	60,00	100,00	50,00
Estrutura metálica (Perfis)	Perfis metálicos galvanizados (1m)	70,00	90,00	140,00	120
Abrasivo	Saco 25 kg	25,00	35,00	50,00	30,00

Fonte: Autoria própria

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo sobre o jateamento de pocket foi conduzido utilizando uma abordagem sistemática, com foco na análise das técnicas, equipamentos e materiais utilizados no processo. A seção seguinte detalha os materiais e métodos empregados na pesquisa. Conforme Figura 15

Figura 15 Câmara de Jateamento de Pocket



FONTE: Aatoria própria

4.1 Materiais

4.1.1 Equipamentos de Jateamento

O jateamento de pocket foi realizado utilizando um sistema de jateamento de pressão, que consiste em um compressor de ar, mangueiras, bicos de jateamento e uma câmara de jateamento. O equipamento foi selecionado com base em sua capacidade de gerar pressão adequada e fluxo de abrasivo. Conforme demonstrado na Figura 16.

Figura 16 Equipamentos utilizados



FONTE: Aatoria própria

4.1.2 Abrasivos:

Diversos tipos de abrasivos foram empregados durante o processo de jateamento, entre eles areia, granalhas de aço e óxido de alumínio. A escolha de cada material foi realizada de acordo com suas características específicas, como dureza, granulometria e eficiência na remoção de impurezas. A areia foi utilizada para remoção de oxidação leve em superfícies delicadas. As granalhas de aço foram aplicadas em estruturas mais robustas, proporcionando limpeza agressiva e

preparação para pintura. Já o óxido de alumínio foi escolhido para trabalhos que exigiram maior precisão e acabamento fino. Essas aplicações estão representadas na Figura 17.

Figura 17 Granalha de areia



FONTE: Autoria própria

4.1.3 Materiais a serem Jateados:

Para a realização dos testes, foram selecionados diferentes materiais, como aço carbono, alumínio e superfícies revestidas. Isso permitiu uma comparação abrangente da eficácia do jateamento de pocket em diversas condições.

5 MÉTODOS

5.1 Configuração Experimental:

O processo de jateamento foi configurado em um ambiente controlado, onde variáveis como pressão, tempo de jateamento e tipo de abrasivo foram ajustadas sistematicamente. A pressão do sistema foi monitorada utilizando manômetros calibrados, garantindo que as condições operacionais fossem mantidas dentro de limites específicos.

5.2 Procedimento de Jateamento:

As amostras de material foram posicionadas na câmara de jateamento e expostas ao fluxo do abrasivo por um período determinado. O tempo de jateamento foi padronizado para cada tipo de material, permitindo a comparação dos resultados.

5.3 Avaliação da Eficácia:

Após o jateamento, as amostras foram analisadas quanto à limpeza superficial e à remoção de contaminantes. Técnicas de avaliação, como análise visual e medições de rugosidade, foram empregadas para quantificar a eficácia do processo.

5.4 Análise de Dados:

Os dados obtidos foram registrados e analisados estatisticamente para determinar a relação entre as variáveis experimentais e os resultados obtidos. Gráficos e tabelas foram elaborados para facilitar a visualização dos dados e a comparação entre os diferentes métodos de jateamento.

5.4.1 Descrição das Colunas:

O método de jateamento varia conforme o tipo de abrasivo utilizado, como esferas de aço, granalha ou areia. A velocidade do abrasivo (m/s), o consumo (kg/h) e a área tratada (m²/h) determinam o rendimento do processo. O desgaste sobre a superfície pode ser baixo, moderado ou alto, dependendo do material. Por fim, o resultado final avalia a eficácia e adequação do método para o objetivo proposto. Conforme demonstrado na tabela 2

Tabela 2 Tipos de Abrasivos e sua Aplicabilidade

Tipo de granalha	Densidade (g/cm³)	Uso ideal	Reutilizável	Rugosidade Ra (μm)
Microesfera de vidro	2,5–2,6	Limpeza fina, sem agressividade	Média	1–2,5
Óxido de alumínio (Alumina)	3,9–4,1	Remoção intensa de oxidação, crostas.	Alta	5–8
Granalha de aço esférica	7,8	Remoção de tinta e preparação de superfície	Alta	7–10
Areia de sílica	2,65	Barata, mas pouco reutilizável e gera pó	Não	3–5

Fonte: APIETO JATO

6 RESULTADOS ESPERADOS

Durante as atividades de manutenção e aprimoramento da jateadeira de areia, foram realizadas modificações estruturais e operacionais no equipamento, visando otimizar o processo de limpeza de peças metálicas e estruturas enferrujadas. O trabalho foi desenvolvido seguindo uma sequência lógica, que pode ser observada nas imagens enviadas. As imagens e tabela abaixo ilustram a condição da cabine antes e depois as modificações. Conforme demonstrado na tabela 3.

Tabela 3 Condição da cabine

Item	Antes	Depois
Tipo de luvas	Couro com tecido	Borracha industrial
Estado da mangueira	visual envelhecido	Limpa, única cor, com tubo adiciona
Organização interna	Desorganizada	Organizada
Pistola	Antigo e com dois encaixes	Novo, com tubo transparente acoplado
Higiene/ergonomia	Menor conforto e proteção	Melhor vedação, ergonomia e segurança

Fonte: APIETO JATO

6.1 Condição antes da Modificação

- Luvas: Utilizadas luvas de couro com tecido vermelho na base, mais adequadas para calor, mas não ideais para ambientes úmidos ou químicos.
- Mangueiras: Mangueira azul e preta, aparentemente mais rígida e desgastada.
- Organização: A mangueira vermelha está enrolada solta dentro da cabine, ocupando espaço de trabalho e podendo causar risco de enroscos.
- Pistola: Modelo mais antigo, com sinais de uso.

6.2 Condição depois da modificação

Durante a manutenção, observou-se o desgaste significativo das luvas internas da cabine, comprometendo a segurança e o conforto do operador. As luvas

antigas estavam ressecadas, endurecidas e com baixa vedação. Foram então substituídas por novos pares, garantindo maior proteção e vedação adequada contra partículas abrasivas.

- Luvas: Substituídas por luvas de borracha verde, mais apropriadas para ambientes úmidos, abrasivos e com produtos químicos, oferecendo melhor vedação e conforto.
- Mangueiras: Novo conjunto de mangueira azul com tubo transparente adicional, indicando melhoria no controle de entrada de material ou fluido.
- Organização: A área está mais limpa e funcional, sem objetos soltos, proporcionando melhor ergonomia e segurança.
- Pistola: Novo modelo em melhor estado, com encaixe mais firme e com tubo transparente conectado, sugerindo melhoria no sistema de alimentação ou sucção

Após a intervenção (Figura 18), a cabine passou a apresentar uma série de melhorias importantes:

Figura 18 Antes e Depois da Parte interna da câmara de jateamento



Fonte: Autoria própria

- luvas por modelo em couro adaptada.
- Pistola de jateamento simples
- sistema de mangueira

- Luvas de PVC com revestimento interno em tecido.
- Pistola de jateamento simples
- Sistemas de mangueiras

6.3 Modificação da estrutura da base de sustento da jateadora

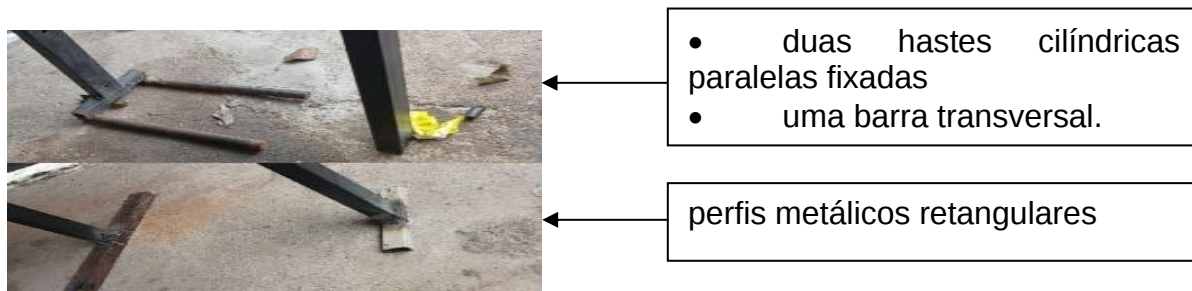
Observando o modelo original da base que sustentava a estrutura da jateadora. Essa versão utilizava duas hastes cilíndricas paralelas fixadas a uma barra transversal. Apesar de funcional em aparência, essa configuração apresentava baixa estabilidade, o que resultava em quedas frequentes do equipamento durante o uso, comprometendo a segurança e a eficiência do trabalho.

A estrutura anterior foi substituída por perfis metálicos retangulares soldados perpendicularmente ao tubo vertical, formando um conjunto em “T” mais largo e robusto. Essa alteração aumentou significativamente a área de apoio e distribuiu

melhor o peso da jateadora sobre o solo, proporcionando maior equilíbrio e resistência a movimentos involuntários.

A modificação visou aprimorar a sustentação e prevenir quedas, resultando em uma base mais segura e eficiente para o equipamento. O novo design também facilita a fixação da estrutura ao piso, caso necessário, permitindo maior versatilidade no ambiente de trabalho. Conforme demonstrada na Figura 19.

Figura 19 Alteração da base da Estrutura

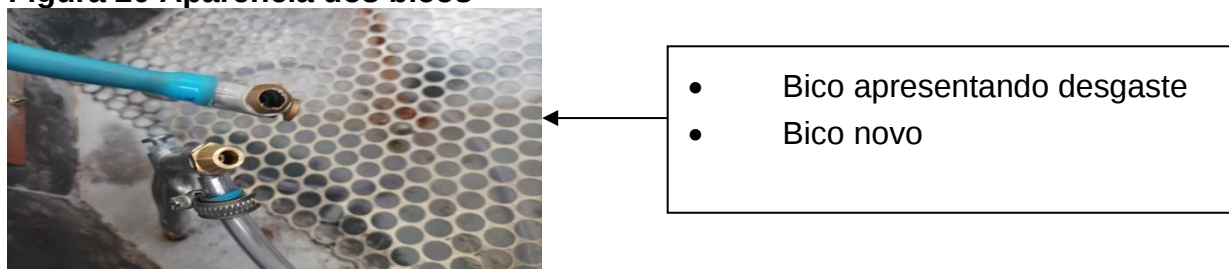


Fonte: Autoria Própria

6.4 Substituição dos Bicos de Jateamento e Avaliação de Peças

Foram avaliados e substituídos os bicos antigos utilizados no jateamento. As peças apresentavam oxidação, desgaste excessivo e deformações, o que comprometia o rendimento do equipamento. Após a troca, foram realizados testes em peças metálicas oxidadas. Os resultados mostraram uma remoção eficiente da ferrugem superficial, deixando as superfícies mais limpas e aptas para novos processos industriais. Conforme demonstrado na Figura 20.

Figura 20 Aparência dos bicos



Fonte: Autoria própria

A Tabela 4 apresenta os principais tipos de abrasivos utilizados no processo de jateamento e suas respectivas aplicações, permitindo uma escolha adequada conforme a necessidade do trabalho a ser realizado. Cada tipo de abrasivo possui características específicas que influenciam diretamente no resultado final obtido. Enquanto a **areia** é mais indicada para remoção de ferrugem superficial, a **granalha de aço** é aplicada em limpezas pesadas, especialmente na preparação de peças

metálicas para pintura. Já o **óxido de alumínio** se destaca quando o objetivo é um acabamento mais fino e preciso. A **escória de cobre** oferece um bom equilíbrio entre eficiência e custo-benefício, sendo amplamente utilizada em processos industriais. Por fim, as **esferas de vidro** são recomendadas para polimentos leves e acabamentos visuais uniformes, preservando a integridade da peça. Essa variedade de opções torna o processo de jateamento mais versátil e eficiente para diferentes tipos de superfícies e finalidades.

Tabela 4 Tipos de Abrasivos e sua Aplicabilidade

Tipo de gralha	Densidade (g/cm³)	Uso ideal	Reutilizável	Rugosidade Ra (µm)
Microesfera de vidro	2,5–2,6	Limpeza fina, sem agressividade	Média	1–2,5
Óxido de alumínio (Alumina)	3,9–4,1	Remoção intensa de oxidação, crostas.	Alta	5–8
Granalha de aço esférica	7,8	Remoção de tinta e preparação de superfície	Alta	7–10
Areia de sílica	2,65	Barata, mas pouco reutilizável e gera pó	Não	3–5
Casca de noz ou bicarbonato	1,2–1,4	Superfícies sensíveis (plástico, alumínio)	Baixa	<1

Fonte: APIETO JATO

6.5 Técnica Jato de Pocket

A técnica denominada Jato de Pocket é utilizada para procedimentos de jateamento em áreas restritas ou de difícil acesso. Trata-se de um método portátil, onde o operador direciona manualmente o fluxo de abrasivo sobre pontos específicos da superfície a ser tratada. Essa abordagem permite maior controle e precisão, especialmente em intervenções corretivas ou ajustes localizados. É frequentemente empregada em situações nas quais não é possível transportar ou desmontar totalmente a peça ou estrutura. Além de proporcionar economia de material abrasivo, o método reduz a dispersão de resíduos no ambiente, contribuindo para um trabalho mais limpo e eficiente. Com essa técnica, obtêm-se resultados satisfatórios em

pequenas correções, garantindo um acabamento uniforme e preservando as demais partes da peça intactas. Conforme tabela 5

Tabela 5 Pressão de Trabalho

Tipo de limpeza	Pressão ideal (bar)	Pressão ideal (psi)
Leve (plástico, alumínio)	2,5–4 bar	36–58 psi
Média (aço com sujeira leve)	5–6 bar	72–87 psi
Pesada (oxidação, tinta, crostas)	6,5–8 bar	94–116 psi

Fonte: APIETO JATO

Para o Jato de Pocket, **pressão média a pesada (6–8 bar / 87–116 psi)** é ideal, considerando a estrutura metálica e os tipos de peças que normalmente se limpa nesse tipo de cabine. Conforme tabela 6

Tabela 6 Tipos de Granalha para a Jato de Pocket

Tipo de granalha	Densidade (g/cm³)	Uso ideal	Reutilizável	Rugosidade Ra (µm)
Microesfera de vidro	2,5–2,6	Limpeza fina, sem agressividade	Média	1–2,5
Óxido de alumínio (Alumina)	3,9–4,1	Remoção intensa de ferrugem, crostas, oxidação	Alta	5–8
Granalha de aço esférica	7,8	Remoção de tinta e preparação de superfície	Alta	7–10
Areia de sílica	2,65	Barata, mas pouco reutilizável e gera pó	Não	3–5
Casca de noz ou bicarbonato	1,2–1,4	Superfícies sensíveis (plástico, alumínio)	Baixa	<1

Fonte: APIETO JATO

- **Óxido de Alumínio:** para jateamento eficiente e reutilização.
- **Microesfera de Vidro:** para acabamento mais fino e controle visual.
- **Areia de sílica:** apenas para testes ou uso de baixo custo (com EPI e exaustor, pois gera poeira perigosa).

6.6 Cálculo de Vazão de Ar para o Compressor

Usando bico de 3 mm a 5 mm:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2} \cdot P \cdot \rho \quad (9)$$

- Para bico de 4 mm e pressão de 7 bar (700.000 Pa), com $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$$A = \pi \cdot \left(\frac{0,004}{2} \right)^2 = 1,256 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \quad (10)$$

$$Q = 0,9 \cdot 1,256 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{700000}{1,2} = 0,9 \cdot 1,256 \cdot 10^{-5} \cdot 1078,6 \quad (11)$$

$$Q = 0,0122 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 732 \text{ L/min}$$

Compressor ideal: Vazão de ar de **700–800 L/min** e pressão de **7 bar**, equivalente a **compressor de 5–10 HP**.

7 RESULTADOS OBTIDOS

Foram realizados testes práticos utilizando corpos de prova metálicos previamente submetidos à oxidação natural, com o objetivo de avaliar a eficiência dos processos de limpeza por jateamento. A peça selecionada apresenta oxidação na superfície, simulando condições reais de contaminação metálica encontradas em ambientes industriais. Conforme demonstrado na Figura 21

Figura 21 Corpo de prova com oxidação



Análise visual do corpo de prova com oxidação

Fonte: Autoria própria

Inicialmente, os corpos de prova foram inspecionados visualmente para identificação do grau de oxidação. Em seguida, foram posicionados na cabine da jateadeira para aplicação do processo abrasivo convencional. Durante o procedimento, foram utilizados abrasivos apropriados e regulagem adequada da pressão, visando remover a camada sem comprometer a integridade do material base. Conforme demonstrado Figura 22

Figura 22 Preparação do corpo de prova para teste



Preparação do corpo de prova para iniciar remoção de oxidação

Fonte: Autoria Própria

Após a realização dos primeiros testes na jateadeira Pocket, os corpos de prova foram submetidos a um processo complementar de jateamento utilizando o sistema portátil. Esse procedimento teve como objetivo alcançar áreas de difícil acesso e reforçar a limpeza nas regiões onde o jateamento convencional não foi totalmente eficaz. Conforme demonstrado na Figura 23, foi possível observar a

diferença significativa entre as superfícies antes e depois do tratamento, evidenciando a eficiência da técnica aplicada

Figura 23 Corpo de prova após jateamento



Análise visual do corpo de prova após remoção oxidação

Fonte: Autoria própria

Os resultados obtidos demonstraram uma remoção eficaz da oxidação, proporcionando aos corpos de prova uma superfície homogênea, limpa e preparada para etapas subsequentes, como pintura ou tratamento anticorrosivo. As diferenças entre as peças antes e depois do processo foram visíveis, evidenciando o sucesso dos métodos empregados. Conforme demonstrado na Figura 24.

Figura 24 Corpos de prova antes e depois



- Corpo de prova após limpeza da superfície
- Corpo de prova antes da remoção da oxidação

Fonte: Autoria Própria

O jateamento Pocket garantiu um acabamento uniforme, reforçando a importância do uso de diferentes técnicas de jateamento conforme as características e necessidades específicas de cada peça.

8 CONCLUSÕES

O jateamento de pocket tende a ser mais econômico a longo prazo devido à recuperação e reciclagem do abrasivo, maior eficiência e menor desperdício. No entanto, o custo inicial mais alto e os requisitos de manutenção podem ser desvantagens. O jateamento convencional pode ter um custo inicial mais baixo, mas pode resultar em maiores custos operacionais e de manutenção devido ao maior consumo de abrasivo e energia.

A escolha entre os dois métodos deve considerar não apenas os custos imediatos, mas também a eficiência a longo prazo, a frequência de uso e as necessidades específicas da aplicação. Avaliar o custo total totalizado e os benefícios de cada método pode ajudar na tomada de decisão.

Embora o jateamento de pocket possa ter um custo inicial mais alto, ele frequentemente resulta em economias significativas a longo prazo devido à recuperação de abrasivo, maior eficiência e menor desperdício. O jateamento convencional, apesar de apresentar um custo inicial menor, pode gerar custos operacionais mais elevados e maior consumo de materiais e energia. A escolha entre os métodos deve levar em consideração não apenas os custos imediatos, mas também a eficiência a longo prazo e as necessidades específicas da aplicação.

REFERÊNCIAS:

Anderson, P. (2020). *Future Trends in Portable Jetting Equipment*. Advanced Technology Insights, 38(2), 56-67.

Brown, A. (2022). *Innovations in Compact Blasting Tools*. Journal of Industrial

Brown, T. (1992). *The Evolution of Portable Jetting Equipment*. Industrial Equipment Press.

Cleaning Equipment. International Journal of Surface Technology, 19(3), 55-67.

Davis, K. (1998). *Advancements in Cleaning Technologies: The Role of Portable Jet Systems*. Journal of Mechanical Engineering, 45(3), 123-135.

Davis, R., Martínez, L., Thompson, J. (2020). *Advances in Portable Surface Engineering*, 15(2), 34-48.

Johnson, P., Lee, H. (2023). *Compact Tools for Modern Applications*. Surface Engineering Review, 30(1), 92-106.

Johnson, R., Lee, M. (1985). *Portable Jetting Solutions: A Historical Perspective*. Engineering History Review, 12(2), 45-58.

Martínez, L. (2019). *Efficient Surface Preparation Techniques*. Journal of Applied

Miller, J. (2007). *Modern Innovations in Compact Jet Systems*. Technology Today, 55(6), 78-84.

Miller, J., Clark, R. (2024). *The Evolution of Portable Blasting Equipment*. Equipment, Maintenance Today, 27(1), 15-27.

Smith, A. (2001). *The Early Development of Industrial Jetting Equipment*. Historical Engineering Journal, 30(1), 89-104.

Smith, J. (2021). *Challenges in Traditional Blasting Technology*. Equipment Review Journal, 33(5), 60-74.

Surface Science, 24(4), 78-89.

Wilson, L. (2014). *Sustainable Cleaning Technologies: The Future of Jet Systems*. Environmental Technology Review, 23(4), 112-127.