

**ANÁLISE SWOT DE MÉTODOS PARA RECUPERAÇÃO DE FLANGE DE CABEÇA DE POÇO DE PERFURAÇÃO NA INDÚSTRIA PETROLÍFERA**

Yoseph Paulo da Silva Bezerra (IFPB, Campus Campina Grande), Enrico Emanuel Batista (IFPB, Campus Campina Grande), Igor Pereira Rodrigues (IFPB, Campus Campina Grande), Divanira Ferreira Maia (IFPB, Campus Campina Grande), Marcos Mesquita da Silva (IFPB, Campus Campina Grande), Marcello Araújo Dantas (IFPB, Campus Campina Grande).

**E-mails:** [yoseph.paulo@academico.ifpb.edu.br](mailto:yoseph.paulo@academico.ifpb.edu.br), [enrico.emanuel@academico.ifpb.edu.br](mailto:enrico.emanuel@academico.ifpb.edu.br), [igor-rodrigues.ir@academico.ifpb.edu.br](mailto:igor-rodrigues.ir@academico.ifpb.edu.br), [divanira.maia@ifpb.edu.br](mailto:divanira.maia@ifpb.edu.br), [marcos.silva@ifpb.edu.br](mailto:marcos.silva@ifpb.edu.br), [marcello.dantas@ifpb.edu.br](mailto:marcello.dantas@ifpb.edu.br).

**Área de conhecimento (Tabela CNPq):** 3.03.03.05-2 Soldagem

**Palavras-chave:** Flange; recuperação de componentes; indústria petrolífera; economia de custos; materiais de engenharia; análise SWOT.

**1. Introdução**

O campus Campina Grande do Instituto Federal da Paraíba (IFPB) recebeu, por meio de doação da empresa J. Patrício Metais, localizada na cidade de Mossoró-RN, um flange do tipo pescoço, de aço, com quatro furos, utilizado em instalações petrolíferas. A doação teve como objetivo possibilitar a análise da viabilidade de recuperação de flanges que tenham sofrido danos estruturais, como trincas ou deformações localizadas, sendo o custo benefício a principal importância. Ressalta-se que, para viabilizar o processo de recuperação, tais danos não podem ser extensos nem localizados em regiões críticas, como as proximidades dos furos de fixação, devido às restrições técnicas e à segurança operacional. (API, 2016)

**2. Materiais e métodos**

Inicialmente, o trabalho consistiu na identificação do modelo do flange (Figura 1), (a empresa não havia passado nenhuma descrição do equipamento), por meio da medição de suas dimensões físicas (diâmetro externo, diâmetro interno, número e diâmetro dos furos, espessura, comprimento do pescoço, entre outras características) com auxílio de um paquímetro de resolução 0,02mm, 0 a 150mm.

Após essa etapa, foi realizado o processo de identificação do material do flange doado. Para isso, foi retirada uma amostra do corpo da peça com auxílio de uma máquina CMR-80 (Figura 2). A amostra passou por um processo de embutimento, seguido pelas etapas de lixamento com lixas d’água de granulometria 100, 220, 320, 600, 1200 e 2000 (Figura 3) e polimento, realizado a partir de uma Politriz com rotação de 146 rpm, visando a preparação adequada da superfície para observação microscópica.

Figura 1 - Flange recebido com defeito original e corte para exame metalográfico.



Fonte: autoria própria (2025).

Figura 2 – Máquina de corte para metalografia.



Fonte: autoria própria (2025).

Figura 3 – Lixas d’água.



Fonte: autoria própria (2025).

Tabela 1. Dimensões do flange recebido.

**Medidas admitidas a partir de medição com paquímetro 0,02mm (mm)**

Diâmetro externo	Espessura da face	Diâmetro do ressalto	Diâmetro do raio dos furos	Espessura	Diâmetro Interno
154	20	92	121	57	51,5

Feita a consulta por meio de tabelas, chegou-se à definição de que o flange atende a norma técnica ASNI B16.5

150LB. (ZATTONI, 2009)

**2.1 Análise metalográfica e identificação do material**

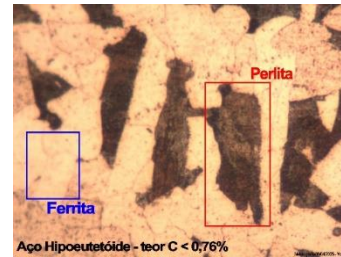
A análise foi realizada em microscópio óptico (Figura 4), após ataque com nital na amostra, possibilitando a identificação do tipo de metal presente na composição do flange com base na morfologia dos grãos e nas características microestruturais observadas. A análise metalográfica revelou que o flange é composto por aço carbono ASTM A105 (AGUIAR e CASTRO, [s. d.]), amplamente utilizado em aplicações industriais devido à sua resistência mecânica e soldabilidade, com teor de carbono igual a 0,2%. A microestrutura observada no microscópio óptico mostrou grãos de ferrita e perlita, características típicas desse tipo de aço - hipoeutetóide - (Figura 5). A ausência de trincas ou descontinuidades significativas na amostra analisada confirmou que os danos eram localizados e, portanto, passíveis de recuperação.

Figura 4 – Microscópio óptico.



Fonte: autoria própria (2025).

Figura 5 - Microestrutura do aço ASTM A105 observada no microscópio óptico (aumento de 200x) e identificação da estrutura ferrítica-perlítica.



Fonte: autoria própria (2025).

**2.2 Análise SWOT de técnicas**

**2.2.1 Recuperação por Soldagem: eletrodo revestido**

ELETRODO REVESTIDO	FATORES POSITIVOS	FATORES NEGATIVOS
<b>FATORES INTERNOS</b> (equipamento)	Custo relativamente baixo e simplicidade do equipamento necessário, possibilidade de uso em locais de difícil acesso ou abertos, sujeitos à ação do vento.	Baixa produtividade como principal limitação quando comparado a outros processos (eletrodo consumível e arco submerso).
<b>FATORES EXTERNOS</b> (operador)	Atuação não só em serviços de reparo, mas também em fabricação e montagem de diferentes equipamentos e estruturas.	Necessidade de um treinamento específico para o soldador, que é demorado e oneroso.

**2.2.2 Recuperação por Soldagem: TIG**

TIG	FATORES POSITIVOS	FATORES NEGATIVOS
<b>FATORES INTERNOS</b> (equipamento)	Arco elétrico bastante estável, suave e produz soldas com boa aparência e acabamento, que exigem pouca ou nenhuma limpeza após a operação.	Alto custo dos equipamentos necessários e dos consumíveis utilizados e baixa produtividade/rendimento.
<b>FATORES EXTERNOS</b> (operador)	O operador pode usar o próprio metal de base como metal de adição, bastando para isto cortar pedaços do metal de base com uma forma apropriada.	Exige maior habilidade do operador e pode ser mais lenta do que outros processos.

**2.2.3 Recuperação por Soldagem: MIG/MAG**

MIG/MAG	FATORES POSITIVOS	FATORES NEGATIVOS
<b>FATORES INTERNOS</b> (equipamento)	Alta taxa de deposição, grande versatilidade quanto ao tipo de material e espessuras aplicáveis.	Custo elevado do equipamento, maior necessidade de manutenção e menor variedade de consumíveis.
<b>FATORES EXTERNOS</b> (operador)	Menor necessidade de habilidade e alto fator de ocupação.	Sensibilidade à variação dos parâmetros elétricos de operação do arco de soldagem.

### 2.2.4 Recuperação por Epóxi

EPÓXI	FATORES POSITIVOS	FATORES NEGATIVOS
<b>FATORES INTERNOS</b> (equipamento)	Não requer equipamentos complexos, pode ser aplicado em locais de difícil acesso ou onde a soldagem é inviável e alterações na estrutura do metal.	Resistência inferior à soldagem em cargas de tração, impacto ou vibração, pode demorar horas ou dias para atingir resistência máxima e os reparos podem não ser permanentes, exigindo inspeções frequentes.
<b>FATORES EXTERNOS</b> (operador)	Não requer habilidades complexas, não há risco de choque elétrico e pode ser realizado em ambientes não industriais.	Proporção incorreta de resina/catalisador ou má aplicação e falta de padronização conforme experiência do operador.

### 3. Resultados e discussão

Após finalizada a metalografia e concluída a fase de identificação do material, iniciam-se os trabalhos de pesquisa para a determinação do melhor método de recuperação do flange. Esse estudo se deu a partir da consulta de materiais voltados para o setor mecânico e estudos relacionados ao objetivo final. Também foi feito o exame do processo de qualidade a partir do uso de líquidos penetrantes, que são de fácil análise e baixo custo.

#### 3.1 Comparação das Técnicas de Recuperação

A soldagem com eletrodo revestido foi identificada como a técnica mais viável para a recuperação do flange, conforme destacado na análise SWOT. Os resultados demonstraram que esse método oferece uma combinação equilibrada de custo, simplicidade operacional e eficácia. A técnica permite a deposição de metal de adição com propriedades mecânicas compatíveis com o material base, garantindo a integridade estrutural do flange após o reparo (MARQUES, 2011). Além disso, a soldagem com eletrodo revestido é particularmente adequada para reparos em campo, onde o acesso a equipamentos complexos pode ser limitado.

Esse tipo de soldagem é amplamente difundido no processo de recuperação de peças mecânicas. No IFPB campus Campina Grande essa é a técnica que melhor se adequa para a recuperação do flange recebido.

A soldagem TIG (Tungsten Inert Gas) foi avaliada como uma alternativa de alta qualidade, porém com custos elevados. A técnica produz soldas de excelente acabamento e é ideal para aplicações que exigem precisão. No entanto, sua baixa produtividade e a necessidade de operadores altamente treinados limitam sua viabilidade para reparos de rotina na indústria petrolífera.

A soldagem MIG/MAG (Metal Inert Gas/Metal Active Gas) apresenta alta produtividade, mas sua sensibilidade a variações nos parâmetros operacionais e o custo dos equipamentos a tornaram menos atraente para o caso em estudo. A técnica é mais adequada para produções em larga escala ou onde a velocidade é um fator crítico.

O uso de epóxi foi considerado para casos onde a soldagem não era viável, como em danos muito localizados ou em ambientes com restrições de segurança. No entanto, a resistência mecânica inferior e a necessidade de inspeções frequentes limitaram sua aplicação no contexto estudado.

#### 3.2 Critérios de Seleção do Método

A seleção do método de soldagem com eletrodo revestido foi baseada nos seguintes critérios:

- Custo-benefício: o método se mostrou melhor equilíbrio entre custo e eficácia, segundo a literatura;
- Disponibilidade de equipamentos e mão de obra: a técnica é amplamente difundida na indústria, facilitando sua implementação;
- Tempo de reparo: o processo é rápido o suficiente para minimizar paradas não programadas.

### 4. Considerações finais

Conclui-se que o método escolhido demonstra, de acordo com a literatura, ser eficaz ao atender aos critérios de custo-benefício e agilidade no tempo de reparo, conforme evidenciado pelos resultados obtidos. A solução proposta não apenas reduz despesas operacionais, mas também minimiza paradas prolongadas, garantindo a continuidade produtiva sem comprometer a qualidade do serviço executado.

Além disso, ressalta-se que o flange recuperado deve ser utilizado em aplicações que operem abaixo do limite de resistência originalmente especificado, assegurando assim a integridade estrutural e a segurança do equipamento. Recomenda-se a implementação de um sistema de monitoramento contínuo para verificar o desempenho do componente em condições reais de operação, evitando possíveis falhas prematuras.

Finalmente, destaca-se que a metodologia adotada pode servir como referência para futuras intervenções em componentes similares, promovendo a sustentabilidade por meio da reutilização de materiais e otimizando recursos técnicos e financeiros. Estudos complementares podem ser conduzidos para avaliar a vida útil remanescente do flange recuperado, ampliando a confiabilidade da abordagem proposta.

### Referências

AGUIAR, Willys Machado; CASTRO, Reginaldo José de. *Metalografia: microestruturas de aços e ferros fundidos*. Fortaleza: ETFCE/SENAI – CE, [s.d.].

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. *API 579*. EUA, 2016. 5 p.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. *ASME Boiler and Pressure Vessel Code*. New York, 2020.

MARQUES, Paulo Villani; MODENESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. *Soldagem: fundamentos e tecnologia*. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011. 362 p.

ZATTONI, Célio Carlos. *Dimensões dos flanges*. São Paulo: Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC-SP, Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2009.