

ARTICLE



REVISTA
COLETA CIENTÍFICA

Proteção de Flanges com Poliondas Autoencaixáveis na Indústria de Óleo e Gás

Flange Protection Using Self-Locking Corrugated Polypropylene Sheets in the Oil and Gas Industry

Lucas Barros dos Santos Andrade

 <https://orcid.org/0009-0005-1544-9446>

Faculdade CNEC Rio das Ostras, RJ, Brasil

E-mail: lucasbsantos@gmail.com

Fátima Rúbia de Matos Dias Nogueira

 <https://orcid.org/0009-0006-7281-9308>

Faculdade CNEC Rio das Ostras, RJ, Brasil

E-mail: fatimarubianogueira@gmail.com

Informações da publicação

ARK: [24285/RCC.v10i20.247](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:br:RCC.v10i20.247)

ISSN: 2763-6496

Palavras-chave:

Proteção de flanges.

Poliondas autoencaixáveis.

Indústria de Óleo e Gás.

Keywords:

Flange protection,

Self-locking corrugated

polypropylene sheets

Oil and gas industry.

Abstract:

The protection of flanges with self-locking corrugated polypropylene sheets in the oil and gas industry is an innovation aimed at ensuring the integrity of equipment exposed to adverse environmental and operational conditions during storage at construction sites. The main objective of this project is to develop an effective solution for flange protection using this material that ensures the reduction of mechanical damage and corrosion in severe environments. Additionally, it aims to minimize operational costs by reducing the frequency of maintenance and component replacements, enhance operational safety by mitigating risks of accidents related to handling and structural failures of flanges, provide greater efficiency in the installation and removal of protections to make inspection processes more agile and practical, and contribute to sustainability by developing a product that combines chemical and mechanical resistance with lower environmental impact. Flanges, used to connect pipelines and other components, are susceptible to corrosion and mechanical damage, compromising the safety and performance of installations. This material provides an effective barrier against corrosive agents, reducing the need for frequent maintenance and extending the lifespan of systems. This research employed a bibliographic review of scientific and technical literature on corrugated polypropylene sheets, automated cutting technologies, and occupational safety standards, with the goal of supporting the feasibility of the proposed solution. Field analysis was conducted through direct observations and interviews with workers at GranService, aiming to identify bottlenecks and opportunities for improvement in the sheet-cutting process, using tools such as Ishikawa diagrams and SWOT analysis. These protective covers are lightweight, easy to install and remove, providing practicality in component inspection and replacement, thus speeding up maintenance processes and improving operational safety. Additionally, this type of protection has high chemical and mechanical resistance, making it an economical and environmentally friendly solution for the industry, where asset protection is crucial for the continuity of operations and cost reduction.

Resumo:

A proteção de flanges com poliondas autoencaixáveis na indústria de Óleo e Gás é uma inovação voltada para garantir a integridade dos equipamentos expostos a condições ambientais e operacionais adversas durante seu armazenamento no canteiro. O principal objetivo deste projeto é desenvolver uma solução eficaz para a proteção de flanges, utilizando poliondas autoencaixáveis, que assegure a redução de danos mecânicos e corrosão. Além disso, busca-se minimizar custos operacionais por meio da redução da frequência de manutenções, aumentar a segurança operacional ao diminuir riscos de acidentes relacionados ao corte manual dos protetores, proporcionar maior eficiência na instalação e remoção das proteções para tornar os processos mais ágeis e práticos, e contribuir para a sustentabilidade desenvolvendo um produto que alie resistência química e mecânica com menor impacto ambiental. Flanges, utilizados para conectar tubulações e outros componentes, são suscetíveis a corrosão e danos mecânicos, que comprometem a segurança e o desempenho das instalações. O uso de poliondas autoencaixáveis proporciona uma barreira eficaz contra agentes corrosivos, reduzindo a necessidade de manutenção frequente e prolongando a vida útil dos sistemas. A pesquisa bibliográfica envolveu uma revisão aprofundada da literatura científica e técnica sobre o uso de poliondas autoencaixáveis, tecnologias de recorte automatizado e normas de segurança ocupacional, com o objetivo de embasar a viabilidade da solução proposta. A análise de campo foi realizada por meio de observações diretas e entrevistas com os trabalhadores da empresa GranService, visando identificar gargalos e oportunidades de melhoria no processo de recorte de chapas de polionda, utilizando ferramentas como o Diagrama de Ishikawa e a Análise SWOT. Essas capas de proteção são leves, fáceis de instalar e removíveis, oferecendo praticidade na inspeção e reposição de componentes, o que agiliza os processos de manutenção e melhora a segurança operacional. Além disso, esse tipo de proteção apresenta alta resistência química e mecânica, sendo uma solução econômica e ambientalmente adequada para a indústria, onde a proteção dos ativos é fundamental para a continuidade das operações e a redução de custos.

1 Introdução

Na indústria de óleo e gás, proteger componentes críticos como flanges é fundamental para assegurar a integridade estrutural e o bom funcionamento das plataformas. Os flanges, que conectam seções de tubulação, têm um papel vital na manutenção da vedação e na conexão segura dos sistemas de transporte de fluidos. No entanto, esses componentes são altamente suscetíveis a danos, tanto durante o transporte quanto na instalação. Esses danos podem comprometer o desempenho das instalações, aumentar os custos de manutenção e, em casos extremos, causar falhas catastróficas, afetando a segurança operacional e ambiental.

Para mitigar esses riscos, o uso de poliondas autoencaixáveis se destaca como uma solução eficaz e inovadora. Feitas de polipropileno corrugado, essas poliondas criam uma barreira física, prevenindo danos mecânicos, corrosão e desgaste prematuro. Sua leveza, resistência e flexibilidade permitem que sejam moldadas facilmente para se adaptar a diferentes geometrias de flanges, garantindo uma proteção completa. Além disso, a tecnologia de autoencaixe simplifica a instalação, eliminando a necessidade de ferramentas especializadas e garantindo uma vedação precisa e duradoura. Isso gera economia de tempo e recursos durante a montagem das tubulações.

Essas poliondas são especialmente vantajosas em ambientes industriais agressivos, como plataformas de petróleo, onde a exposição constante a agentes corrosivos é severa. Nessas condições, a durabilidade e a robustez do material se tornam essenciais para prolongar a vida útil dos flanges e das instalações. Além de protegê-los durante o transporte e manuseio, as poliondas também minimizam significativamente os danos durante a operação. Segundo Silva, et al (2019), o uso de poliondas autoencaixáveis oferece uma solução robusta, durável e de fácil aplicação, sendo indispensável para preservar componentes em condições adversas.

Apesar de suas vantagens, o processo de corte das chapas de polionda, é ainda realizado manualmente em muitas empresas, como a GranService, representa um grande desafio. A operação manual, que exige o uso de ferramentas de corte perigosas, expõe os

trabalhadores a riscos à saúde e segurança, além de demandar tempo e esforço consideráveis. O trabalho repetitivo e o manuseio de ferramentas afiadas podem causar acidentes e problemas ergonômicos, aumentando os custos com seguro e afastamentos. A automatização desse processo surge, portanto, como uma solução necessária para mitigar esses riscos ocupacionais.

Além de aumentar a segurança, a automação pode melhorar a eficiência e a precisão dos cortes, resultando em um ajuste mais eficaz das poliondas aos flanges e reduzindo o desperdício de material.

Santos, (2018) destaca que melhorias nos processos de manufatura podem gerar ganhos substanciais em segurança e produtividade. A implementação de tecnologias que eliminem a necessidade de corte manual também pode alinhar as operações com as rígidas normas Santos, (2018) destaca que melhorias nos processos de manufatura podem gerar ganhos substanciais em segurança e produtividade. A implementação de tecnologias que eliminem a necessidade de corte manual também pode alinhar as operações com as rígidas normas segurança do trabalho, criando um ambiente mais seguro para os colaboradores, enquanto otimiza o processo produtivo. corte manual também pode alinhar as operações com as rígidas normas segurança.

Este trabalho tem como objetivo melhorar o processo de corte de chapas de polionda autoencaixáveis na empresa GranService, com foco em aumentar a segurança dos trabalhadores e otimizar a proteção de flanges no setor de óleo e gás. A pesquisa pretende desenvolver uma solução automatizada, eliminando o uso de ferramentas de corte manuais, reduzindo os riscos de acidentes e melhorando a precisão dos cortes. O estudo também avaliará o impacto dessas melhorias na eficiência operacional, na qualidade dos produtos e na conformidade com as normas de segurança do trabalho. Ao explorar novas tecnologias e automação, o trabalho contribuirá para um ambiente de trabalho mais seguro e produtivo, além de promover a sustentabilidade nas operações industriais.

2 Materiais e Métodos

O desenvolvimento deste trabalho será estruturado em etapas que buscam construir uma solução embasada, prática e inovadora para o processo de corte de chapas de polionda na empresa GranService. Partindo de uma base teórica robusta e avançando para uma análise criteriosa do ambiente de trabalho, o estudo culminará na criação e validação de uma tecnologia automatizada que potencializa a eficiência e a segurança do processo. Essas etapas foram elaboradas para garantir que cada aspecto do problema seja abordado de forma abrangente, promovendo melhorias sustentáveis e alinhadas às normas vigentes.

Quadro 1

1 – Descrição da metodologia usada no trabalho.

ITEM	Tipo de Metodologia	Descrição
1	Pesquisa Bibliográfica	Realização de uma revisão aprofundada da literatura científica e técnica sobre o uso de poliondas autoencaixáveis, tecnologias de recorte automatizado (como CNC e corte a laser) e normas de segurança ocupacional. A pesquisa incluirá estudos de caso, artigos acadêmicos e relatórios técnicos para embasar a proposta, identificar melhores práticas, e compreender tendências e inovações no setor. O objetivo é construir uma base teórica robusta que sustente a viabilidade da solução proposta e atenda às exigências normativas.
2	Análise de Campo	Condução de uma análise prática e abrangente do processo atual de recorte de chapas de polionda na empresa GranService. Essa etapa incluirá observações diretas do fluxo de trabalho, entrevistas semi-estruturadas com os trabalhadores para coletar percepções sobre desafios e sugestões, e a coleta de dados quantitativos sobre tempo de execução, taxa de erros, incidentes de segurança e condições de trabalho. A análise também buscará identificar gargalos e oportunidades de melhoria no processo, utilizando ferramentas de análise como o Diagrama de Ishikawa e a Análise SWOT.
3	Desenvolvimento e Validação da Solução	Desenvolvimento de uma solução automatizada para o corte das chapas de polionda, empregando tecnologias de ponta como CNC ou corte a laser. Essa fase incluirá a modelagem e simulação do processo de corte, seguido por protótipos e testes práticos que avaliarão a eficiência, precisão, segurança e impacto econômico da nova solução. Serão aplicadas métricas de desempenho para medir o retorno sobre o investimento (ROI) e a redução de acidentes no ambiente de trabalho. Além disso, será realizada uma avaliação de aceitação dos trabalhadores para garantir que a solução atenda às suas necessidades e expectativas.

Fonte: Autor.

3 Revisão de Literatura

A literatura enfatiza a importância de práticas inovadoras na produção industrial, não apenas para otimizar os processos, mas também para garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos (AAG Ribeiro & Rezende, 2017). Nesse contexto, a modernização do corte de poliondas na GranService pode servir de exemplo para outras empresas do setor, mostrando como a adoção de tecnologias avançadas pode aumentar simultaneamente a segurança e a eficiência.

A proteção de flanges desempenha um papel fundamental na manutenção da integridade estrutural e na eficiência dos sistemas de tubulação industrial, especialmente no setor de óleo e gás, onde a confiabilidade das operações é crucial. Os flanges são componentes essenciais que conectam seções de tubulações, válvulas, bombas e outros equipamentos críticos, garantindo a vedação adequada e o funcionamento seguro das instalações (Smith & Jones, 2021). No entanto, as condições adversas encontradas nesses ambientes, incluindo altas pressões, temperaturas extremas e exposição a agentes corrosivos, como água salgada e produtos químicos agressivos aumentam a vulnerabilidade dos flanges a danos e corrosão. Esse desgaste pode comprometer a segurança operacional, levar a vazamentos perigosos e resultar em custos significativos de manutenção e reparo (Brown et al., 2019).

Com o passar dos anos, a indústria de proteção de flanges evoluiu

significativamente, buscando constantemente novos materiais e tecnologias que ofereçam maior durabilidade, resistência à corrosão e facilidade de instalação. Desde as primeiras soluções, que utilizavam materiais metálicos e revestimentos básicos, até as tecnologias modernas, a escolha dos materiais foi orientada pela necessidade de garantir não apenas a proteção contra corrosão, mas também a simplicidade e a eficiência na aplicação (Ghassemi et al., 2020). A introdução de polímeros de engenharia, como o polietileno de alta densidade (PEAD), trouxe avanços consideráveis devido às suas propriedades anticorrosivas e resistência a impactos, resultando em proteções que são leves, duráveis e fáceis de instalar (Jones & Carter, 2018).

Este trabalho se concentra em proteções de flanges, com ênfase nas poliondas autoencaixáveis, que surgiram como uma solução inovadora devido à sua capacidade de se adaptar a diferentes formatos de flanges e garantir uma vedação eficaz sem a necessidade de fixadores adicionais. A análise abrange a origem e as características dos materiais utilizados, especialmente o polipropileno, destacando as vantagens da polionda em relação a outras formas de proteção disponíveis no mercado. A flexibilidade, o baixo custo, a resistência química e a simplicidade de instalação são fatores que contribuíram para a crescente adoção das poliondas autoencaixáveis nas indústrias de óleo e gás (Miller & Thompson, 2022).

3. Histórico da Proteção de Flanges

3.1 Primeiras Soluções (Décadas de 1960-1980)

Durante as décadas de 1960 e 1970, as primeiras soluções para a proteção de flanges eram rudimentares e baseadas em materiais simples, como tecidos embebidos em óleo ou graxa. Esses materiais visavam criar uma barreira temporária contra a corrosão, especialmente em áreas sujeitas a alta umidade e salinidade, como ambientes marítimos. No entanto, a eficácia dessas soluções era limitada, oferecendo proteção apenas por curtos períodos e sendo ineficazes em condições mais agressivas, como a exposição ao ar salino, que acelerava a corrosão (Costa et al., 1982).

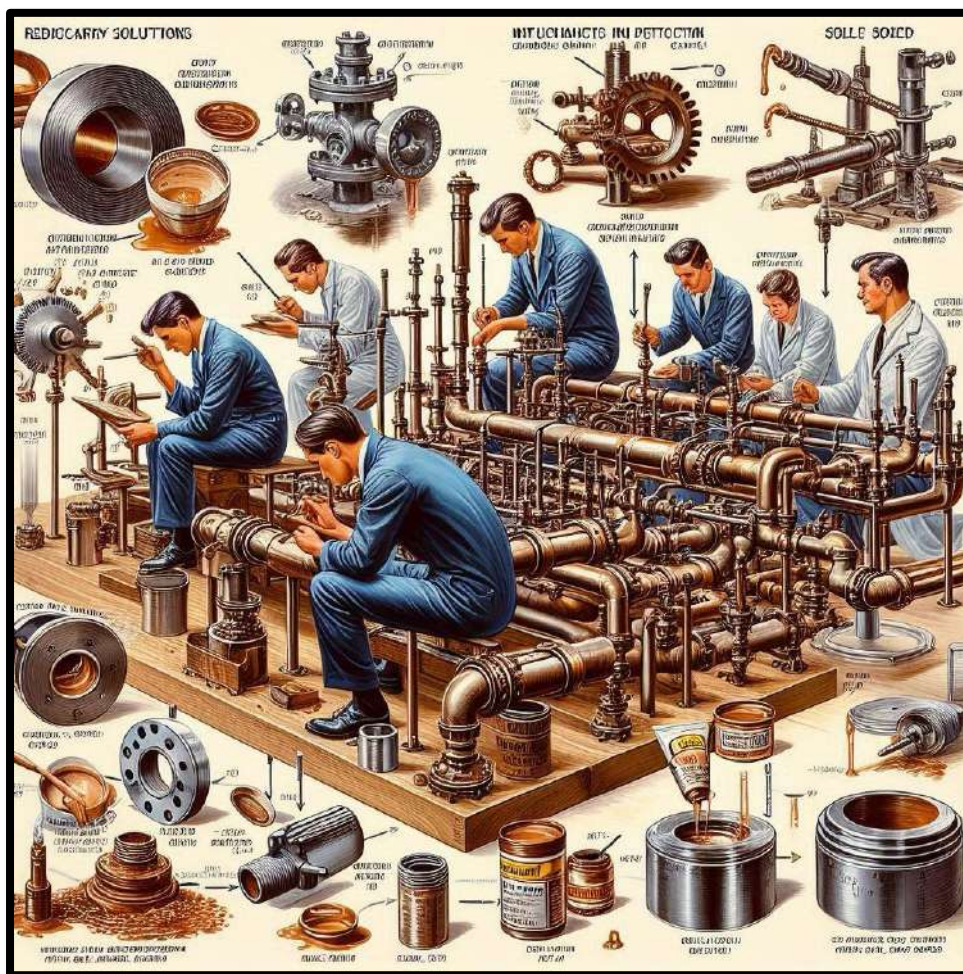
Esses métodos exigiam grande esforço manual, aumentando a necessidade de mão de obra e o tempo de execução. Além disso, a resistência mecânica desses materiais era insuficiente, tornando-os suscetíveis a danos durante o transporte e a instalação, o que comprometia ainda mais sua eficácia (Silva, 1985). A manutenção desses sistemas era constante, com reaplicações frequentes necessárias para manter uma proteção mínima contra a corrosão.

Com a evolução industrial nas décadas seguintes, especialmente nos anos 1980, surgiram materiais mais avançados. Revestimentos metálicos e pinturas à base de epóxi começaram a ser amplamente utilizados, proporcionando uma camada de proteção mais robusta, que aumentava a resistência à corrosão e prolongava a vida útil dos flanges (Melo, 1987). No entanto, essas novas soluções também apresentavam desafios.

A aplicação de revestimentos epóxi, como observado por Costa et al. (1982), exigia uma preparação rigorosa da superfície, com limpeza e remoção de contaminantes, como poeira e ferrugem. A adesão adequada do revestimento dependia dessas etapas de preparação, que precisavam ser realizadas em condições ambientais controladas, aumentando a complexidade e os custos das operações. Além disso, embora o revestimento fosse eficaz contra a corrosão, ele era vulnerável a danos mecânicos, especialmente durante o manuseio e a instalação dos flanges. Qualquer impacto ou arranhão comprometia sua integridade, necessitando de reparos constantes e manutenção preventiva.

Esses desafios evidenciaram a necessidade de soluções mais eficientes e duráveis, impulsionando o desenvolvimento de tecnologias avançadas nas décadas seguintes. A busca por materiais que combinassem durabilidade mecânica com proteção eficiente contra a corrosão, como o uso de compostos e sistemas autossuficientes, passou a ser uma prioridade, especialmente em setores críticos como o de óleo e gás (Figura 1).

Figura 1: soluções rudimentares utilizadas nas décadas de 1960 e 1970, como aplicação de graxa e revestimentos metálicos iniciais.



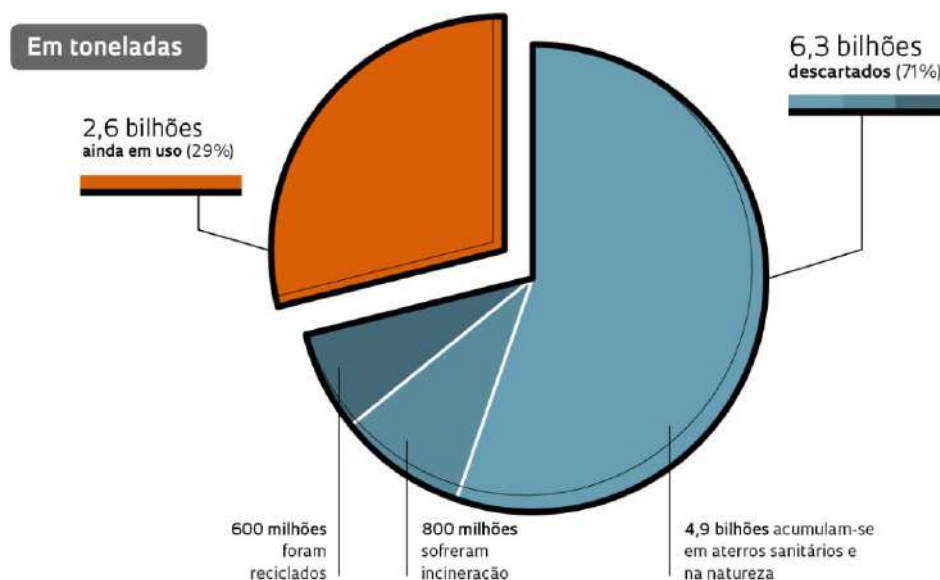
Fonte: MICROSOFT. Copilot. Imagem gerada por inteligência artificial.

3.2 O Avanço dos Polímeros (Década de 1990)

A década de 1990 representou um marco no setor de proteção de flanges com a introdução de polímeros, trazendo uma mudança significativa nas soluções utilizadas. Até então, revestimentos metálicos e epóxi dominavam o mercado, mas tinham limitações quanto à durabilidade e à manutenção. A chegada dos polímeros ofereceu uma alternativa superior, capaz de resistir às condições adversas do ambiente industrial (Almeida, 2000).

Polímeros como PVC (policloreto de vinila), polietileno e polipropileno ganharam destaque devido à sua combinação de resistência química, leveza e facilidade de manuseio. Eles não apenas forneciam proteção eficaz contra a corrosão, mas também eram mais fáceis de aplicar, reduzindo o tempo e o esforço envolvidos nas operações. A moldabilidade dos polímeros permitia que fossem adaptados a diferentes formatos e tamanhos de flanges, tornando o processo de instalação mais eficiente (Figura 2).

Figura 2: O destino do polímero, o mundo produziu 8,9 bilhões de toneladas de polímeros desde 1950.



Fonte: PRODUCTION, USE, AND FATE OFF ALL PLASTICS EVER MADE. SCIENCE ADVANCES. 2017

Polímeros como PVC (policloreto de vinila), polietileno e polipropileno ganharam destaque devido à sua combinação de resistência química, leveza e facilidade de manuseio. Eles não apenas forneciam proteção eficaz contra a corrosão, mas também eram mais fáceis de aplicar, reduzindo o tempo e o esforço envolvidos nas operações. A moldabilidade dos polímeros permitia que fossem adaptados a diferentes formatos e tamanhos de flanges, tornando o processo de instalação mais eficiente.

Dentre os polímeros, o polietileno de alta densidade (PEAD) se destacou como a escolha preferida para aplicações industriais, especialmente no setor de óleo e gás, onde as condições são extremas, com variações de temperatura, pressão e exposição a substâncias químicas agressivas. O PEAD apresentava excelente resistência mecânica e estabilidade química, suportando ambientes desafiadores sem deteriorar-se rapidamente (Martins, 1998). Essa combinação de durabilidade mecânica e resistência química aumentou a confiabilidade dos sistemas de proteção, proporcionando maior segurança e reduzindo a necessidade de manutenções frequentes.

Dentre os polímeros, o polietileno de alta densidade (PEAD) se destacou como a escolha preferida para aplicações industriais, especialmente no setor de óleo e gás, onde as condições são extremas, com variações de temperatura, pressão e exposição a substâncias químicas agressivas, conforme é visto na Figura 3. O PEAD apresentava excelente resistência mecânica e estabilidade química, suportando ambientes desafiadores sem deteriorar-se rapidamente (Martins, 1998). Essa combinação de durabilidade mecânica e resistência química aumentou a confiabilidade dos sistemas de proteção, proporcionando maior segurança e reduzindo a necessidade de manutenções frequentes.

instalação são cruciais.

A leveza das poliondas foi outro ponto forte, facilitando o manuseio, transporte e aplicação, especialmente em áreas de difícil acesso, como plataformas de petróleo, onde o peso dos materiais é um fator crítico. Além disso, essa leveza não comprometia a durabilidade, já que o polipropileno corrugado oferecia excelente resistência mecânica e química, mesmo sob variações extremas de temperatura e pressão (Ferreira, 2003).

Além da leveza, as poliondas autoencaixáveis destacaram-se pela versatilidade. Sua capacidade de se adaptar a diferentes formatos e tamanhos de flanges as tornou ideais para uma ampla gama de aplicações industriais. No setor de óleo e gás, onde os flanges variam em design e função, a flexibilidade das poliondas permitia uma proteção sob medida, garantindo cobertura uniforme contra a corrosão e danos mecânicos, prolongando a vida útil dos equipamentos.

Outro benefício foi a redução dos custos associados à manutenção. A instalação rápida e simples minimizou interrupções nas operações, resultando em economia de tempo e recursos. A resistência à corrosão e a durabilidade em condições adversas fizeram com que as poliondas exigissem menos manutenção ao longo do tempo, reduzindo ainda mais os custos operacionais.

Além dos ganhos operacionais, houve um impacto positivo na segurança ocupacional. A instalação das poliondas autoencaixáveis dispensava o uso de ferramentas perigosas e trabalhos manuais intensivos, reduzindo significativamente o risco de acidentes. Em ambientes de alto risco, como plataformas offshore, essa característica contribuiu para um ambiente de trabalho mais seguro.

As poliondas autoencaixáveis representaram um grande avanço na proteção de flanges no início dos anos 2000. Elas combinaram facilidade de instalação, resistência e adaptabilidade para oferecer uma solução altamente eficiente, especialmente em ambientes desafiadores como o setor de óleo e gás. Essa inovação não apenas melhorou a eficiência das operações, mas também proporcionou uma proteção mais duradoura e econômica, alinhando-se às exigências de um setor que busca alta performance e confiabilidade.

3.4. História e Características do Polietileno e da Polionda

3.4.1 Desenvolvimento e Aplicações do Polietileno

O polietileno foi descoberto em 1933 por Reginald Gibson e Eric Fawcett, pesquisadores da Imperial Chemical Industries (ICI) no Reino Unido. Originalmente utilizado para fins militares durante a Segunda Guerra Mundial, o polietileno rapidamente expandiu seu uso para diversas aplicações comerciais devido às suas propriedades únicas, como resistência química, flexibilidade e facilidade de processamento (Martins, 1995). A versatilidade do polietileno permitiu seu emprego em uma ampla gama de produtos, desde embalagens simples até materiais de proteção industrial.

Os diferentes tipos de polietileno são classificados de acordo com sua densidade e estrutura molecular, conforme mostra a Figura 5:

- Polietileno de Baixa Densidade (PEBD): Utilizado em aplicações que exigem flexibilidade e resistência ao impacto, como sacolas e filmes plásticos.
- Polietileno de Alta Densidade (PEAD): Mais rígido e resistente a altas temperaturas, o PEAD é amplamente empregado em embalagens rígidas, tubulações e proteções industriais.
- Polietileno Linear de Baixa Densidade (PELBD): Combina as propriedades dos dois tipos anteriores e é utilizado em filmes de maior resistência mecânica.

Figura 5: Os tipos de Polietileno e suas aplicações.

						
PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS	OUTROS
Polietileno Tereftalato	Polietileno de Alta Densidade	Policloreto de Vinila	Polietileno de Baixa Densidade	Polipropileno	Poliestireno	Outros
GARRAFAS DE ÁGUA; FRASCOS	FRASCOS DE SHAMPOO; FRASCOS EM GERAL	MATERIAIS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL	SACOLAS E EMBALAGENS FLEXÍVEIS	EMBALAGENS E UTILIDADES DOMÉSTICAS	EMBALAGENS EM GERAL; PEÇAS TÉCNICAS	PEÇAS TÉCNICAS; PLÁSTICOS INDUSTRIAIS
						

Fonte: plasticsforchange.org

Conforme destacado por Almeida (2000), o PEAD tornou-se o material preferido em ambientes industriais exigentes, devido à sua durabilidade e resistência.

3.4.2 História da Polionda

A polionda, ou chapa de polipropileno corrugado, surgiu nos anos 1980 como uma evolução do papelão ondulado, mas com características muito mais robustas, destinadas a atender as demandas de setores que exigiam maior resistência à água, produtos químicos e impactos. Originalmente desenvolvida com o intuito de substituir o papelão tradicional em aplicações mais exigentes, a polionda combinou leveza, flexibilidade e durabilidade, tornando-se um material versátil e amplamente utilizado (Figura 6).

Figura 6: Chapas de Poliondas



Fonte: Vick Produtos para Indústria, Comunicação Visual, Arquitetura & Construção.

De acordo com Souza (2001), o primeiro setor a adotar amplamente a polionda foi a indústria de embalagens, onde suas propriedades superiores rapidamente a tornaram

uma solução popular. A polionda se destacou por sua capacidade de proteger produtos durante o transporte e armazenamento, resistindo à umidade, à abrasão e a impactos que poderiam danificar os itens embalados. Sua leveza também facilitou o manuseio e reduziu os custos de transporte, em comparação com materiais tradicionais, como o papelão e a madeira.

Com o tempo, a versatilidade da polionda fez com que suas aplicações se expandissem para outros setores. Na construção civil, por exemplo, o material começou a ser utilizado como tapume, proteção temporária de superfícies, e até mesmo em sistemas de isolamento térmico e acústico. Na comunicação visual, a polionda foi amplamente adotada para a produção de placas e sinalizações, devido à sua capacidade de ser impressa e moldada em diversos formatos, além de sua durabilidade em ambientes externos (Figura 7).

Figura 7: Polionda sendo utilizada na produção de placas e sinalizações.



Fonte: Gráfica Nedd

Entretanto, foi na década de 1990 que a polionda encontrou um novo e promissor campo de aplicação na indústria de óleo e gás. As exigências específicas deste setor, especialmente em relação à proteção de equipamentos contra corrosão, desgaste e impactos, tornaram a polionda uma escolha natural para o desenvolvimento de soluções inovadoras, como os sistemas de proteção de flanges. A polionda, com suas características de resistência a produtos químicos e condições ambientais severas, mostrou-se ideal para essas aplicações.

Sua capacidade de ser moldada e fabricada em diferentes espessuras e formatos permitiu que a polionda fosse utilizada em ambientes desafiadores, como plataformas offshore, onde a proteção de componentes metálicos, como flanges, era crucial para evitar a corrosão acelerada causada pelo contato constante com a água salgada e o ar marinho. Além disso, o material oferecia uma barreira física contra impactos e abrasão, ajudando a proteger os equipamentos durante o transporte e a instalação.

Uma característica importante da polionda é sua facilidade de manuseio e

instalação, especialmente em comparação com materiais mais pesados, como metais e plásticos rígidos. Isso permitiu que a polionda seja usada em locais de difícil acesso ou em ambientes onde o espaço era limitado, facilitando o trabalho das equipes de manutenção e instalação.

Além disso, a polionda é um material reciclável, o que agrega valor em termos de sustentabilidade, especialmente em setores industriais que buscam reduzir o impacto ambiental de suas operações. Seu uso em embalagens retornáveis e como material de proteção temporária também contribui para a redução de resíduos.

3.4.3 Classificação e Vantagens da Polionda

A polionda é classificada como um material termoplástico de polipropileno (PP), pertencente à classe das poliolefinas. Sua estrutura é composta por duas camadas planas conectadas por nervuras internas, o que cria um painel leve, mas altamente resistente (Quadro 2).

Quadro 2

2: Classificação e Vantagens.

Classificação da Polionda	Vantagens
Material Leve	Redução de peso facilita o transporte e manuseio, aumentando a eficiência logística.
Resistência Química	Alta resistência a produtos químicos, como óleos e solventes, tornando-a ideal para ambientes industriais agressivos.
Durabilidade e Resistência	Alta resistência ao impacto e à abrasão, prolongando a vida útil em aplicações exigentes.
Flexibilidade	Capacidade de moldagem e encaixe em diferentes superfícies, facilitando a adaptação a projetos variados.
Isolamento Térmico	Propriedades isolantes, que ajudam a proteger contra variações de temperatura em componentes críticos.
Impermeável e Anticorrosiva	Ideal para uso em ambientes úmidos ou expostos a intempéries, prevenindo danos e oxidação.
Facilidade de Instalação	Instalação rápida e simples, reduzindo o tempo e custo de mão de obra.

Material Reciclável	Contribui para a sustentabilidade, sendo um material que pode ser reciclado após seu uso.
Versatilidade de Aplicação	Pode ser utilizada em diversas indústrias, como a de óleo e gás, automotiva, alimentícia e construção.

Fonte: Autor.

Conforme Ferreira (2005), essas características tornam a polionda uma escolha superior para aplicações industriais que exigem materiais confiáveis e de alto desempenho.

3.5. Tipos de Proteção de Flanges Disponíveis no Mercado

3.5.1 Revestimentos Metálicos e Pinturas Epóxi

As primeiras proteções para flanges eram basicamente revestimentos metálicos e pinturas com resinas epóxi. Esses métodos ofereciam alguma resistência à corrosão, mas tinham limitações significativas. Costa et al. (1982) observaram que esses revestimentos eram vulneráveis a danos mecânicos e exigiam preparação superficial cuidadosa e aplicação em condições controladas.

Figura 9: Flange com revestimento em epóxi.



Fonte: Made in China, Connecting Buyers with Chinese Suppliers

Além disso, a manutenção era complexa e custosa, já que, uma vez danificado, o revestimento precisava ser removido e reaplicado, o que aumentava os custos operacionais e o tempo de inatividade.

3.5.2 Proteções Poliméricas

Com o avanço dos polímeros, surgiram materiais como o PVC e o polietileno, que melhoraram a resistência química e a facilidade de aplicação. Santos (1995) observou que essas soluções ofereceram uma alternativa mais eficiente aos revestimentos metálicos, reduzindo o custo de instalação e manutenção.

As proteções poliméricas foram aplicadas como capas ou fitas ao redor dos flanges, criando uma barreira física contra a corrosão. Entretanto, limitações como a necessidade

de fixadores adicionais e dificuldades de adaptação a flanges de tamanhos variados ainda permaneciam.

3.6. Inovações Recentes e Automatização do Processo de Corte

3.6.1 Desafios no Processo Manual

Embora as poliondas autoencaixáveis tenham representado um avanço significativo na proteção de flanges e em diversas outras aplicações, o processo de corte manual ainda apresenta uma série de desafios e limitações. Empresas como a GranService, por exemplo, continuam a realizar o corte das chapas de polionda manualmente, o que introduz diversos riscos ocupacionais e problemas de eficiência no processo de produção.

Um dos principais desafios do corte manual é o risco à segurança dos trabalhadores, que ficam expostos ao uso constante de ferramentas afiadas, como facas e estiletes, para moldar as poliondas no tamanho e formato necessários. Esses instrumentos de corte, se não manuseados com precisão e atenção, podem causar acidentes de trabalho, resultando em ferimentos graves. Além disso, a repetição de movimentos durante o corte pode levar ao desenvolvimento de lesões por esforço repetitivo, comprometendo a saúde dos trabalhadores a longo prazo.

Figura 10: Risco de acidente ao cortar uma chapa manualmente



Fonte: MICROSOFT. Copilot. Imagem gerada por inteligência artificial.

Outro problema do corte manual é a inconsistência nas dimensões das peças cortadas. Mesmo com trabalhadores habilidosos, o processo manual é suscetível a pequenas variações no tamanho e na forma do corte, o que pode impactar negativamente a qualidade do produto. Essas variações podem comprometer o encaixe perfeito das poliondas autoencaixáveis nos flanges, diminuindo a eficiência da proteção contra corrosão, impactos e agentes químicos. Uma proteção inadequada pode levar a danos prematuros aos componentes, aumentando a necessidade de manutenção e reparos, o que impacta os custos operacionais.

Além disso, a falta de precisão no corte manual resulta em um desperdício

significativo de material. Ao não seguir padrões exatos de corte, parte das chapas de polionda pode acabar sendo descartada ou inutilizada, elevando os custos com matéria-prima. Conforme apontado por Ribeiro (2017), o desperdício gerado por esse tipo de processo pode representar um percentual considerável do total de material utilizado, impactando diretamente a eficiência produtiva e a sustentabilidade da operação.

O tempo também é um fator crítico. O corte manual tende a ser mais demorado e exige um número maior de trabalhadores, além de um controle de qualidade rigoroso para garantir que as peças cortadas atendam aos requisitos mínimos. Em situações de alta demanda, como projetos em larga escala no setor de óleo e gás, essa limitação pode atrasar prazos e comprometer a eficiência global do processo.

Esses desafios evidenciam a necessidade de melhorias nos processos de corte de poliondas, como a automação ou a introdução de máquinas de corte CNC (controle numérico computadorizado), que poderiam não só aumentar a precisão e reduzir os riscos para os trabalhadores, mas também minimizar o desperdício de material e acelerar o processo produtivo. Dessa forma, as empresas como a GranService poderiam elevar a qualidade e a consistência dos seus produtos, ao mesmo tempo em que reduzem custos e aumentam a segurança no ambiente de trabalho.

3.6.2 Automação e Tecnologias Emergentes

A adoção de tecnologias automatizadas, como máquinas CNC e sistemas de corte a laser, está sendo proposta como solução para esses desafios. Segundo Santos, Oliveira e Mendes (2018), a automação oferece:

- Melhoria na Segurança: Reduz a exposição dos trabalhadores a operações perigosas.
- Maior Precisão: Garante uniformidade nos cortes, melhorando o encaixe das poliondas.
- Otimização de Recursos: Diminui o desperdício de material, reduzindo custos operacionais.

Figura 11: Equipamento CNC utilizado no corte de poliondas.



Fonte: Autor.

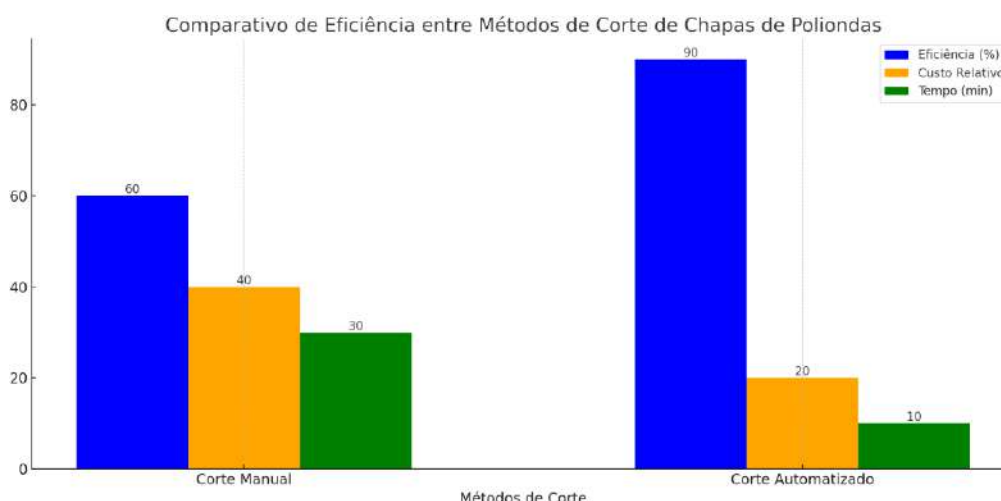
A implementação dessas tecnologias requer investimentos iniciais, mas os benefícios em termos de segurança, qualidade e produtividade justificam a sua adoção.

A evolução das proteções de flanges reflete a busca contínua da indústria por soluções que conciliem eficiência, segurança e sustentabilidade. A introdução das poliondas autoencaixáveis representou um avanço significativo, oferecendo uma solução que atende às exigências técnicas e operacionais do setor de óleo e gás.

A história do polietileno e da polionda demonstra como a inovação em materiais pode impactar positivamente as práticas industriais. A classificação da polionda como um material termoplástico resistente e versátil, aliada às suas vantagens, consolidou sua posição no mercado.

O desafio atual reside na automatização dos processos de corte e preparação das poliondas, visando aprimorar a segurança dos trabalhadores e a qualidade do produto. A adoção de tecnologias avançadas representa o próximo passo na evolução das proteções de flanges, alinhando-se com as tendências globais de indústria 4.0 e excelência operacional.

Figura 12: Gráfico comparativo que demonstra a eficiência dos métodos manuais em relação aos métodos automatizados para os cortes de chapas de poliondas



Fonte: Autor.

O gráfico apresentado (Figura 12) tem como base dados realizados através da análise de campo, onde ilustra um comparativo entre os métodos de corte manual e automatizado de chapas de poliondas, focando em três métricas essenciais: eficiência, custo relativo e tempo gasto. A análise desses métodos é fundamental, pois a escolha do processo de corte impacta diretamente na proteção e durabilidade dos flanges.

Observa-se que o método de corte automatizado apresenta uma eficiência significativamente superior, alcançando 90%, em comparação aos 60% do corte manual. Essa diferença reflete a importância da automação na produção, que não só otimiza o uso do material, mas também minimiza desperdícios e reduz o tempo de execução, que é apenas de 10 minutos para o corte automatizado, enquanto o manual consome 30 minutos.

Além disso, o custo relativo do método automatizado, embora maior, é compensado pela eficiência e pela redução de horas trabalhadas, o que pode resultar em uma economia

significativa a longo prazo. Assim, a adoção de técnicas de corte automatizadas se mostra vantajosa, especialmente quando considerada a aplicação de chapas de polionda na proteção de flanges em setores críticos como o de óleo e gás.

4 Resultados e Discussão

O projeto de proteção de flanges desenvolvido para a GranServices teve como objetivo principal melhorar a segurança, reduzir custos e aumentar a eficiência operacional, substituindo o processo manual de proteção por uma solução inovadora com poliondas autoencaixáveis. Antes da implementação, o método utilizado para proteger os flanges, especialmente os de 2 polegadas, era suscetível a acidentes e prejudicava a saúde dos funcionários. A solução proposta visou não apenas a proteção dos equipamentos, mas também a criação de um ambiente de trabalho mais seguro.

A utilização das poliondas autoencaixáveis trouxe benefícios significativos, como a redução de manutenção e maior resistência contra corrosão, resultando em menores custos operacionais e maior durabilidade dos flanges. Durante a fase de desenvolvimento, foram criados protótipos no AutoCAD para elaborar os modelos em 2D, enfrentando desafios na adaptação dos parâmetros para os materiais utilizados. Com a transição para o SolidWorks, foi possível visualizar as peças em 3D, otimizando o encaixe e identificando eventuais problemas de montagem.

A precisão na fabricação foi garantida pelo uso do catálogo HCI, o que permitiu ajustes exatos nas dimensões dos flanges. Além disso, a análise de eficiência no uso do material possibilitou um aproveitamento melhor das chapas de polionda. O corte das peças foi realizado com CNC, garantindo cortes precisos e minimizando erros, o que proporcionou uma solução mais eficaz e econômica em comparação aos métodos manuais.

O uso de materiais recicláveis, como o polipropileno, fez da solução uma opção ecologicamente correta, alinhada com as tendências de sustentabilidade no setor industrial. A integração da sustentabilidade com a eficiência operacional estabeleceu um novo padrão na proteção de equipamentos na indústria de Óleo e Gás.

Com a adoção das poliondas autoencaixáveis, não só houve uma melhoria na proteção contra corrosão, como também um impacto direto na redução de custos e na segurança do processo de instalação e manutenção. O projeto, portanto, trouxe um avanço significativo, estabelecendo novas práticas para a indústria, mais seguras e alinhadas às necessidades de inovação e sustentabilidade.

4.1 Análise de Campo

A análise de campo foi realizada para observar as práticas existentes na proteção de flanges na GranServices. Durante essa etapa, foi identificado que as chapas de polionda eram cortadas manualmente com estiletes e tesouras, o que gerava riscos consideráveis à segurança dos trabalhadores. Este método de corte, embora comum, demonstrou-se ineficiente e suscetível a erros, aumentando o tempo necessário para a execução da tarefa e contribuindo para a fadiga dos operários.

Além do corte manual, foi observado que os furos necessários para a passagem das abraçadeiras também eram feitos à mão (Figura13). Essa abordagem não apenas aumentava o tempo de instalação, mas também introduzia riscos consideráveis, como cortes acidentais e falhas na fixação das chapas aos flanges. Com o tempo, especialmente em condições de ventania, essas fixações se mostravam insuficientes, resultando no desprendimento das chapas e no risco de os protetores serem arremessados pelo canteiro. Essa situação não só gerava transtornos significativos para a empresa, mas em

algumas ocasiões resultava em muitas contratuais. A falta de um processo automatizado destacou a urgente necessidade de desenvolver uma solução mais segura e eficiente para a proteção dos flanges, visando garantir a segurança dos trabalhadores e a integridade dos ativos da empresa.

Figura 13: Protetores realizados manualmente, instalados nos flanges.



Fonte: Autor.

A análise de campo revelou a importância de melhorar as condições de trabalho e a eficiência operacional. A proteção manual dos flanges, embora tenha sido uma prática comum, não atendia mais às exigências de segurança e eficiência da indústria moderna. Isso criou uma oportunidade clara para a implementação de novas tecnologias e processos que minimizassem os riscos à saúde dos trabalhadores e otimizassem o uso de materiais.

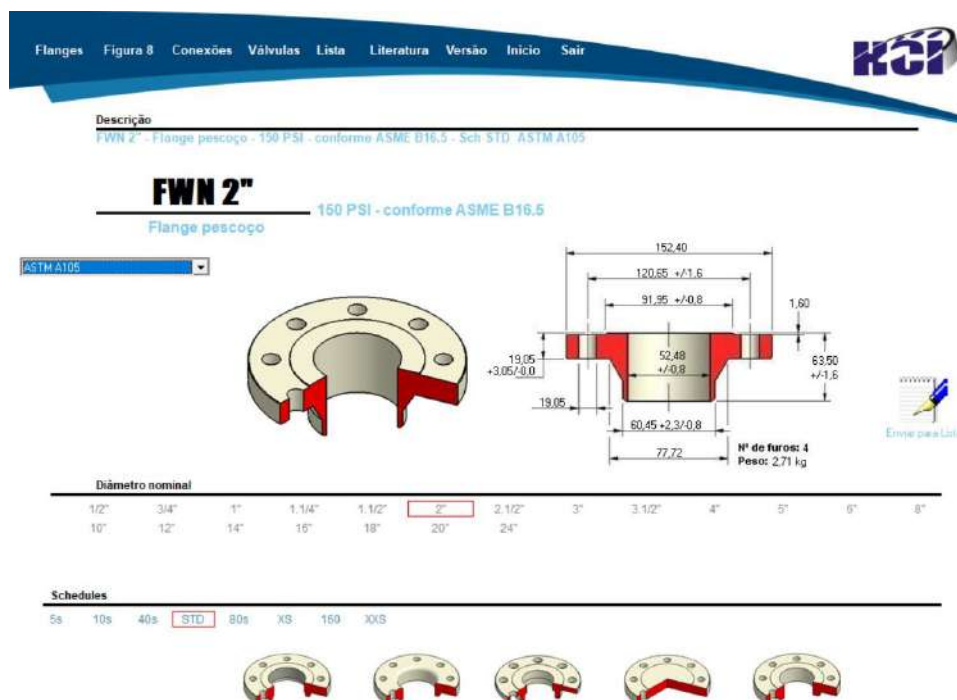
Com base nessas observações, ficou evidente que a implementação de protetores autoencaixáveis não só solucionaria os problemas existentes, mas também representaria uma inovação significativa nas práticas de proteção de flanges. A necessidade de um projeto mais eficiente e seguro levou à proposta de desenvolvimento de protetores que eliminariam os riscos associados ao corte e furação manuais, contribuindo para um ambiente de trabalho mais seguro e produtivo.

1. Utilização do Catálogo HCI para Medidas

A utilização do catálogo HCI foi uma etapa crucial no desenvolvimento do projeto, pois garantiu a obtenção das dimensões corretas dos flanges e suas especificações. O catálogo forneceu informações detalhadas sobre as características dos flanges (Figura 14), assegurando que os protetores fossem projetados com precisão para atender aos padrões da indústria.

O acesso a essas informações foi fundamental para a adequação dos protetores às normas de segurança e desempenho requeridas. Com as medidas corretas em mãos, foi possível desenvolver protetores que não apenas se encaixavam perfeitamente, mas também maximizavam a proteção contra a corrosão e os danos mecânicos.

Figura 14: Catálogo utilizado como base para estudo.



Fonte: Autor.

Além disso, o catálogo HCI permitiu realizar análises comparativas entre diferentes modelos de flanges. Essa análise contribuiu para a escolha das melhores soluções de design, levando em consideração não apenas as dimensões, mas também outros fatores relevantes como a resistência dos materiais e a facilidade de instalação. Por fim, a precisão obtida através do uso do catálogo HCI foi um fator decisivo que impactou diretamente a qualidade do produto. Com os protetores devidamente dimensionados, a solução proposta não apenas atenderia às expectativas, mas também proporcionaria um aumento significativo na segurança e na eficiência operacional da GranServices.

2. Estudo de Caso: Flange Pescoço de 2" de 150 Libras ASME B16.5

O flange pescoço de 2" de 150 libras (Figura 15), conforme especificado pela norma ASME B16.5, foi utilizado como estudo de caso para a produção do protetor na GranServices. Este flange é comumente empregado em sistemas de tubulação, oferecendo uma conexão robusta e confiável entre diferentes componentes. As dimensões deste flange são cruciais para garantir sua adequação às normas e ao funcionamento adequado dentro dos sistemas industriais.

Figura 15: Flange Pescoço de 2" de 150 Libras



Fonte: Autor.

As dimensões do flange pescoço de 2" de 150 libras incluem um diâmetro externo de 6,625 polegadas (ou 168,3 mm), um diâmetro interno de 2,067 polegadas (ou 52,5 mm), e uma espessura de flange de 0,375 polegadas (ou 9,53 mm). A altura do pescoço varia, mas geralmente é em torno de 0,9 polegadas (ou 22,86 mm). A ranhura, essencial para a vedação, tem uma profundidade de aproximadamente 0,062 polegadas (ou 1,57 mm) e um espaçamento de 0,5 polegadas (ou 12,7 mm), permitindo a correta instalação das juntas.

É importante destacar que o design do protetor pode variar significativamente de acordo com o flange utilizado, especialmente em função de sua classe de pressão. Flanges de diferentes classes de pressão, como 150, 300 ou 600 libras, apresentam variações em suas dimensões e formatos, o que demanda adaptações nos protetores desenvolvidos para cada modelo. Essa flexibilidade no design é essencial para garantir que todos os protetores ofereçam a mesma eficácia em termos de proteção, vedação e facilidade de instalação, independentemente do flange específico que esteja sendo utilizado. Dessa forma, o estudo do flange de 2" de 150 libras ASME B16.5 não apenas estabelece um padrão para o desenvolvimento dos protetores, mas também serve como base para futuras adaptações a outros tipos de flanges na indústria.

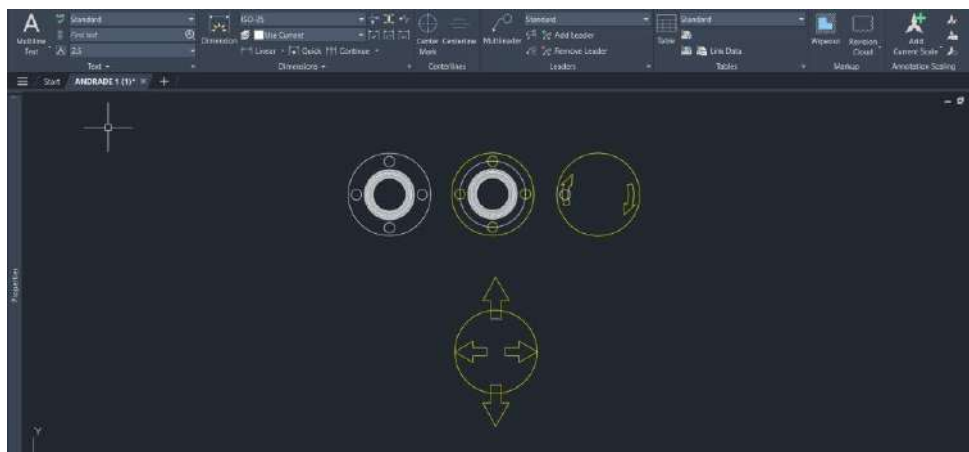
3. Desenvolvimento dos Protótipos no AutoCAD

O desenvolvimento dos protótipos no AutoCAD consistiu na criação dos primeiros modelos de proteção de flanges em 2D. Esse processo inicial foi crucial para a visualização das dimensões e da geometria dos protetores. Durante essa fase, desafios relacionados à configuração dos parâmetros das poliondas autoencaixáveis, precisavam ser ajustados

para garantir um encaixe perfeito nos flanges.

Utilizar o AutoCAD permitiu definir dimensões exatas e facilitou a visualização. A precisão na definição das medidas foi fundamental, pois qualquer erro poderia comprometer a eficácia do protetor e a segurança dos funcionários que os utilizariam. Assim, a ferramenta se mostrou essencial para o planejamento do projeto.

Figura 16: Estudo pela ferramenta AutoCAD.



Fonte: Autor.

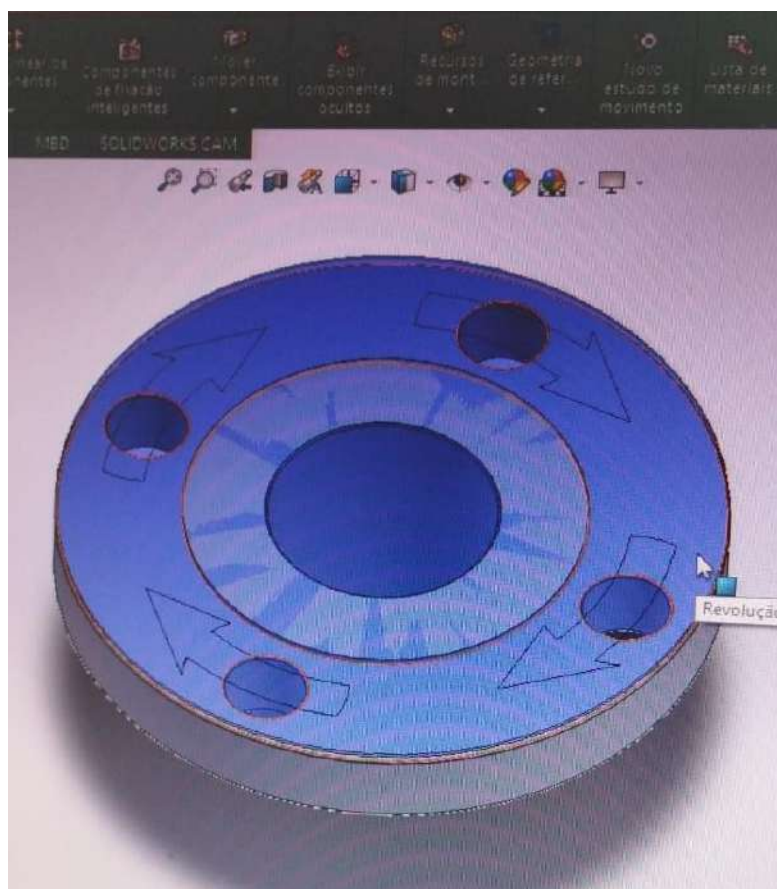
Também foi explorado diferentes configurações e desenhos durante esta fase, realizando simulações para determinar a melhor forma de implementar as poliondas. A flexibilidade do AutoCAD possibilitou a criação de múltiplos protótipos virtuais antes da fabricação real, permitindo identificar e corrigir problemas de design antes que se tornassem custos adicionais no processo produtivo.

Após finalizar os desenhos em 2D, a transição para a modelagem em 3D foi o próximo passo natural. A criação dos modelos em 3D no SolidWorks não apenas possibilitou uma visualização mais realista dos protetores, mas também facilitou a identificação de potenciais problemas de montagem, garantindo que as soluções propostas fossem viáveis antes de serem levadas à produção.

4. Modelagem em 3D no SolidWorks

Após a elaboração dos protótipos em 2D no AutoCAD, o próximo passo foi importar esses desenhos para o SolidWorks, onde foram convertidos em modelos 3D. Este processo foi crucial, pois a modelagem 3D permitiu a visualização do encaixe das poliondas de forma mais detalhada, proporcionando uma compreensão mais clara de como os protetores interagiriam com os flanges.

Figura 17: Elaboração do projeto em 3D.



Fonte: Autor.

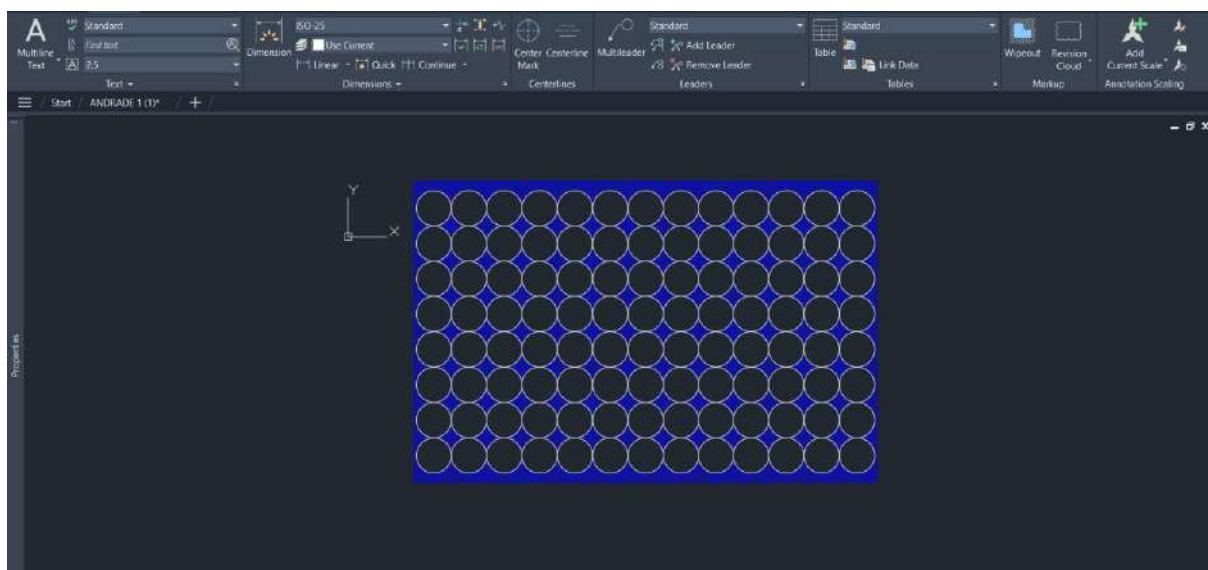
Utilizar o SolidWorks trouxe benefícios significativos para a avaliação do design. Podendo simular o encaixe dos protetores, identificando problemas potenciais antes da fabricação. Essa etapa de visualização foi fundamental para garantir que o produto atendesse às necessidades operacionais e proporcionasse a proteção desejada contra a corrosão. Além disso, a modelagem em 3D permitiu a análise de diferentes cenários e ajustes de design. Essa capacidade de ajustar rapidamente o design foi um fator chave para otimizar o processo de desenvolvimento.

A modelagem em SolidWorks também facilitou a comunicação com fornecedores e parceiros, uma vez que era possível compartilhar modelos 3D detalhados para alinhamento de expectativas. Com esses modelos, a equipe estava mais bem preparada para a próxima fase do projeto, que envolvia a produção real dos protetores e sua integração ao processo de proteção de flanges na GranServices.

5. Estudo da Eficiência na Utilização das Chapas de Polionda

O estudo da eficiência na utilização das chapas de polionda foi uma parte essencial do projeto, focando na maximização do aproveitamento do material. Foi analisado a quantidade de protetores que poderiam ser produzidos a partir de uma única chapa (Figura 18), considerando diferentes layouts de corte para minimizar o desperdício.

Figura 18: Estudo para minimizar o desperdício através do AutoCAD.



Fonte: Autor.

Durante essa fase, foram realizados testes de disposição que permitiram identificar a configuração mais eficiente para o corte das chapas. A otimização do layout foi crucial para garantir que o máximo de protetores fosse obtido, o que não apenas reduziria os custos de material, mas também contribuiria para práticas mais sustentáveis na produção.

Comparações entre diferentes layouts foram realizadas, analisando não apenas a quantidade de protetores gerados, mas também o tempo necessário para o corte e a produção. Essa análise de custo-benefício destacou a importância de um planejamento cuidadoso para alcançar resultados eficientes e econômicos na fabricação dos protetores. O estudo da eficiência na utilização das chapas também reforçou o compromisso da GranServices com a sustentabilidade. Ao reduzir o desperdício de material, a empresa não apenas economizou recursos financeiros, mas também diminuiu seu impacto ambiental, alinhando-se às tendências atuais de responsabilidade social e ambiental na indústria.

6. Preparação para Corte CNC

A preparação para o corte CNC envolveu a configuração meticulosa dos arquivos de corte, que foram baseados nos modelos desenvolvidos no AutoCAD e no SolidWorks. Essa etapa foi essencial para garantir que as máquinas CNC pudessem executar cortes precisos e consistentes dos protetores de flange, alinhando-se com os requisitos do projeto.

O desempenho da máquina CNC foi avaliado para assegurar que os cortes fossem realizados com a precisão necessária. Essa tecnologia permite um nível de repetibilidade que não é possível com os métodos de corte manual, minimizando a margem de erro e assegurando que cada protetor fabricado atenda aos padrões estabelecidos.

A análise do tempo de produção também foi uma consideração importante nesta fase. A automação proporcionou uma redução significativa no tempo necessário para cortar as chapas, aumentando a eficiência geral do processo produtivo e permitindo que a equipe se concentrasse em outras tarefas, como a montagem e o ajuste dos protetores. Por fim, a comparação entre o corte CNC e os métodos manuais foi reveladora. A automação não apenas melhorou a precisão dos cortes, mas também aumentou a

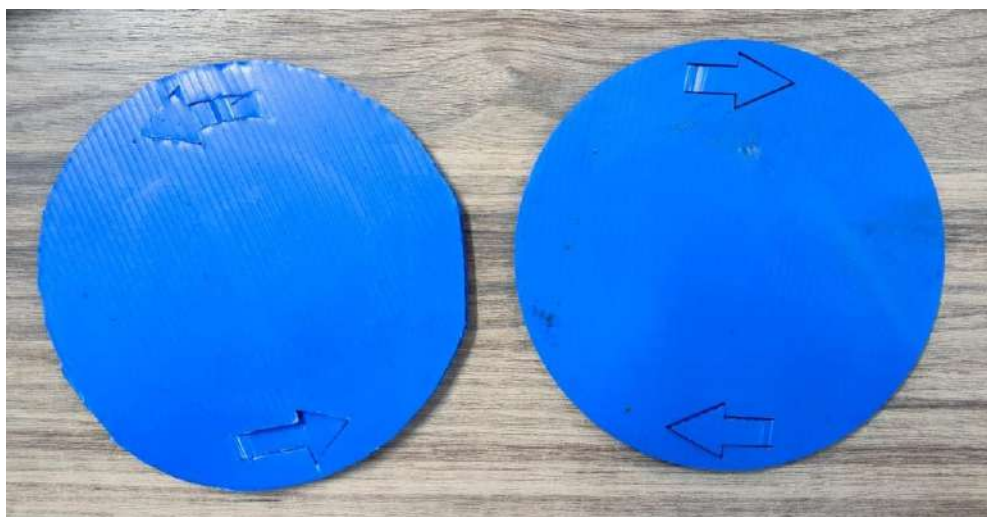
segurança no local de trabalho, reduzindo a necessidade de intervenções manuais que poderiam resultar em acidentes e lesões para os operadores.

7. Qualidade do Corte CNC e Ajuste das Poliondas

A qualidade dos cortes realizados pela máquina CNC teve um impacto direto na eficácia do encaixe das poliondas. A precisão do corte CNC garantiu que as medidas fossem respeitadas com rigor, resultando em protetores que se encaixavam perfeitamente nos flanges. Essa precisão é essencial para a proteção contra corrosão e outras formas de deterioração, pois o encaixe perfeito impede que agentes externos alcancem a superfície do flange, prolongando sua vida útil e reduzindo a necessidade de manutenção.

A análise da qualidade do corte revelou que a utilização da CNC reduziu significativamente a ocorrência de rebarbas e defeitos (Figura 19), problemas comuns em cortes manuais. Com cortes mais limpos e exatos, a necessidade de retrabalho e ajustes manuais foi praticamente eliminada, otimizando o processo de produção e garantindo a padronização dos protetores. Essa uniformidade é essencial para aplicações industriais, onde a consistência dos encaixes contribui para uma instalação mais rápida e segura.

Figura 19: Comparativo entre o corte manual e automatizado.



Fonte: Autor.

Outro ponto relevante é que o corte preciso permitiu um ajuste ideal das poliondas autoencaixáveis, essencial para garantir que os protetores permaneçam firmes mesmo em condições ambientais adversas, como ventos fortes ou mudanças de temperatura. Esse ajuste preciso reduz o risco de deslocamento ou desprendimento das proteções, que poderiam causar transtornos operacionais e até resultar em multas contratuais devido a falhas de segurança.

Figura 20: Análise de corte utilizando máquina de CNC.



Fonte: Autor.

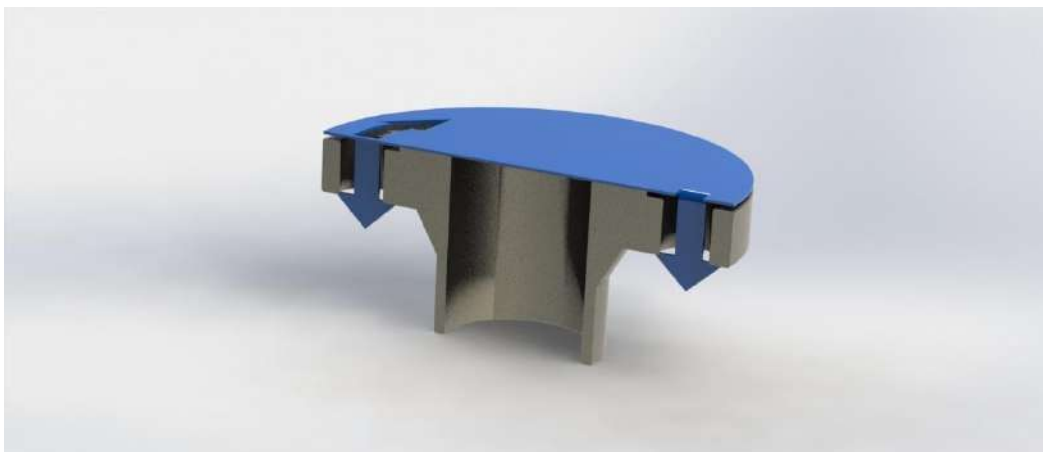
Dessa forma, o uso do corte CNC (Figura 20) não apenas melhorou a qualidade e o acabamento dos protetores, mas também trouxe uma série de benefícios operacionais, como aumento da eficiência, segurança e durabilidade dos protetores. A automação do processo através da CNC mostrou-se, portanto, uma escolha estratégica para garantir a alta qualidade dos protetores de flange com poliondas, reforçando a confiabilidade e a sustentabilidade das operações industriais.

8. Desenvolvimento do Protetor com Setas de Fixação

O protetor de flange desenvolvido foi cuidadosamente projetado para proporcionar uma cobertura completa e segura da face do flange. Utilizando material resistente e de fácil encaixe.

Um dos diferenciais deste protetor é a presença de setas de fixação, estrategicamente posicionadas para não interferir na ranhura do flange, evitando danos e garantindo um encaixe firme. As setas foram dimensionadas sob medida, considerando o diâmetro e o espaçamento exatos da ranhura, permitindo que o protetor se ajuste perfeitamente sem comprometer a integridade do flange. Esse encaixe preciso é essencial para assegurar a proteção contra agentes corrosivos e minimizar o risco de falhas.

Figura 21: Corte central para visualização detalhada do encaixe da seta com o flange



Fonte: Autor.

Figura 22: Vista inferior para detalhar o espaçamento entre a seta e o flange



Fonte: Autor.

Além disso, o design do protetor cobre toda a face do flange, garantindo proteção integral contra sujeira, umidade e outros agentes que possam causar corrosão ou desgaste. Esse fator é crucial para aplicações industriais, como na indústria de óleo e gás, onde os flanges estão constantemente expostos a condições adversas. A cobertura total não apenas protege o flange, mas também contribui para a durabilidade e eficiência operacional, reduzindo a necessidade de manutenções frequentes.

Figura 23: Vista superior para ilustrar a proteção total do flange.



Fonte: Autor.

Esse protetor sob medida, com setas de fixação cuidadosamente posicionadas e uma cobertura completa da face, representa um avanço em relação aos métodos manuais tradicionais. Ele oferece uma solução segura, eficiente e durável, promovendo uma manutenção mais prática e uma proteção efetiva para o flange.

5 Conclusão

Esse trabalho teve como objetivo analisar a evolução das soluções de proteção de flanges na indústria de Óleo e Gás, com ênfase nas poliondas autoencaixáveis como uma alternativa inovadora e eficiente. A pesquisa revelou que as soluções tradicionais, que utilizavam materiais rudimentares e revestimentos metálicos, apresentavam limitações significativas em termos de durabilidade e resistência a condições adversas. Com o passar das décadas, o advento de polímeros como o polietileno e o PVC melhorou a resistência à corrosão, mas a complexidade da aplicação e a vulnerabilidade a danos mecânicos ainda representavam desafios.

A introdução das poliondas autoencaixáveis no início dos anos 2000 marcou uma transformação significativa nesse cenário. Feitas de polipropileno corrugado, essas poliondas não só oferecem uma proteção robusta contra a corrosão, mas também apresentam vantagens operacionais substanciais. A facilidade de instalação, a leveza e a versatilidade das poliondas autoencaixáveis resultaram em uma redução significativa nos custos operacionais e na necessidade de manutenção, ao mesmo tempo que garantiram uma proteção sob medida para flanges de diferentes formatos e tamanhos.

Além de melhorar a eficiência operacional, as poliondas autoencaixáveis contribuem para práticas mais sustentáveis na indústria de Óleo e Gás. O uso de materiais recicláveis e a minimização do desperdício durante a instalação refletem um compromisso crescente com a responsabilidade ambiental, que é cada vez mais relevante nas operações industriais contemporâneas.

Pode-se concluir que, este estudo destaca a importância de continuar investindo em inovações tecnológicas que melhorem a proteção de flanges e a eficiência operacional na indústria de Óleo e Gás. A adoção de poliondas autoencaixáveis representa não apenas uma solução prática, mas também uma estratégia alinhada com as demandas atuais de sustentabilidade e segurança. Em um setor em constante evolução, as soluções inovadoras são fundamentais para garantir a integridade dos ativos e a continuidade das operações, refletindo o papel crítico que a proteção de flanges desempenha na eficiência e segurança das atividades industriais.

Referências

- Alves, M. A. (2017). *Avaliação de materiais em condições extremas*. Editora Nova Ciência.
- Carrillo, A. A. (2004). *Polímeros corrugados: Propriedades e aplicações*. Editora da USP.
- Costa, R. L., Silva, M. A., & Melo, T. R. (1982). *Proteção contra corrosão em ambientes marítimos*. Editora Marítima.
- Ferreira, A. P. (2003). *Análise de materiais poliméricos para aplicações industriais*. Editora UFMG.
- Gonçalves, H. P., & Araújo, R. L. (2010). *Materiais sustentáveis na indústria*. Editora Verde.
- Martins, J. R. (1998). *Materiais de alta resistência para a indústria de óleo e gás*. Editora Paranaense.
- Melo, T. R. (1987). *Materiais para revestimento: Evolução e aplicações*. Editora Técnica.
- Oliveira, L. F. (2002). *Poliondas autoencaixáveis: Uma nova fronteira na proteção de flanges*. Editora Cearense.
- OpenAI. (2024). *Copilot: Assistente de escrita baseado em IA*. <https://www.openai.com/copilot>
- Pereira, L. S. (2015). *Proteção de equipamentos: Desafios e soluções*. Editora Santa Catarina.
- Ribeiro, F. C., & Cardoso, T. R. (2018). *Avanços na proteção contra corrosão em ambientes industriais*. Editora Brasileira.
- Santos, R. F. (1995). *Polímeros e a revolução na indústria de proteção*. Editora Baiana.
- Silva, J. P. (1985). *Revestimentos metálicos e sua aplicabilidade na indústria*. Editora Sulina.
- Souza, M. T. (2001a). *Inovações em materiais para embalagens*. Editora Pernambuco.
- Souza, M. T. (2001b). *Introdução aos polímeros na indústria de óleo e gás*. Editora Nacional.