



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



OPERAÇÃO DE SOLDAGEM POR TREPANAÇÃO DE UMA TUBULAÇÃO EM UM POSTO LOCALIZADO EM VITÓRIA-ES

SIDNEI DE OLIVEIRA CIMINO – sidnei@tdconstrutora.com.br
TD CONSTRUTORA – SÃO PAULO - SP

TARSIS PRADO BARBOSA - tarsisbarbosa@ufsj.edu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI - UFSJ

ÁREA: 4. ENGENHARIA DA QUALIDADE

SUBÁREA: 4.5 – CONFIABILIDADE DE PROCESSOS DE PRODUTOS

RESUMO: *No Brasil, em virtude da sua vasta dimensão territorial, existem ainda regiões com infraestrutura precária, fato que contribui para o atraso no desenvolvimento destes locais. Para que o progresso chegue até essas regiões é necessária a construção de rodovias, hidrovias e ferrovias, permitindo a comunicação fácil e a evolução do comércio e a instalação de grandes empresas nesses locais. A instalação de novos gasodutos e oleodutos pode favorecer o desenvolvimento pleno do transporte tradicional. Para realizar a furação e/ou a manutenção destes dutos e promover a criação de pontos específicos de entrega de gás natural e de combustíveis, a operação de trepanação é imprescindível, permitindo que haja uma operação local sem interrupção do escoamento de um fluido em determinado tubo. Dessa forma, o presente estudo apresenta de forma sintetizada a operação de Soldagem por Trepanação de uma tubulação em um posto localizado em Vitória-ES. Esse estudo de caso é justificado pela importância no desenvolvimento de materiais que apresentem esse tipo específico de soldagem, não apenas auxiliando no crescimento da comunidade acadêmica com esse enfoque, mas também, apresentando uma forma de obter êxito nessa atividade com segurança e sucesso.*

PALAVRAS-CHAVES: Gás; Soldagem; Segurança; Trepanação.

1. INTRODUÇÃO

A soldagem e a trepanação em tubulações de gás são processos cruciais que desempenham um papel fundamental na garantia da segurança e eficiência do transporte de gás em diversos setores da indústria. Essas técnicas são coletivamente utilizadas na construção, reparo e manutenção de sistemas de tubulação de gás, e são essenciais para assegurar que o gás seja distribuído de forma segura e confiável (MIESNER, 2016).

O trabalho e estudo desses processos são de extrema importância para profissionais da área, pois permitem compreender e aplicar as melhores práticas de soldagem e trepanação, minimizando riscos de vazamentos, garantindo o fluxo adequado de gás e evitando danos estruturais nas tubulações.

Neste contexto, é imprescindível enfatizar a necessidade de aprimoramento contínuo por parte dos profissionais envolvidos, bem como a formação adequada de novos especialistas, a fim de assegurar a operação segura e sustentável dos sistemas de tubulação de gás.

Com base nisso, foi desenvolvido um estudo de caso apresentando a operação de Soldagem por Trepanação de uma tubulação em um posto localizado em Vitória-ES. Esse estudo de caso é justificado pela importância no desenvolvimento de materiais que apresentem esse tipo específico de soldagem, não apenas auxiliando no crescimento da comunidade acadêmica com esse enfoque, mas também, apresentando uma forma de obter êxito nessa atividade, com segurança e sucesso.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção apresenta e detalha os postos de abastecimento de transporte a gás, os métodos de reparação de soldagem, os ensaios prévios para executar a soldagem e a soldagem por trepanação.

2.1 Postos de abastecimento de gás

Sendo um combustível de origem fóssil, o gás natural é mais leve do que o ar, e sua composição é, na maior parte, formado pelo mais simples dos hidrocarbonetos, metano (CH₄), suas características centrais são seus altos níveis de inflamabilidade e o fato de serem encontrados em reservatórios subterrâneos.

Também é importante ressaltar que o gás natural, se comparado com os outros combustíveis fósseis existentes, é o que gera menores níveis de impacto ambiental não produzindo cinzas no seu processo de queima.

Seu transporte exige que ele atinja altos níveis de pressão do gás natural, alcançando uma fase líquida, ocupando menor volume, enquanto, seu uso para consumo ou combustível para produção elétrica é na fase gasosa (BAIRD, 2005).

Pensando ainda nas questões de segurança do transporte desse gás, como ele é inodoro e invisível, caso ocorra a fuga do ar, é realizado um processo de odorização, misturando um composto químico a ele, lhe dando um odor comparável com o de ovos podres (BAIRD, 2005). Dessa forma, durante seu transporte ou a operação desse material, o que é considerado um ponto crítico enquanto o uso desse produto, deve ser considerado que:

“Deve seguir diversos procedimentos de segurança para que não ocorram acidentes relacionados a vazamentos ou até mesmo a tensões adicionais causados pela mudança de temperatura.” (CARVALHO; MOREIRA, p.05)

De modo geral, esse combustível pode ser usado: i) na indústria, para aquecimento direto e geração de força motriz; ii) no comércio, como combustível de condicionamento de ar e aquecimento de espaços; iii) em serviços de transporte diversos, substituindo o Óleo Diesel, Gasolina e o Álcool.

Sua potencialidade deve ser ainda mais ressaltada quando o rendimento desse combustível é comparado com o preço médio pago pelos diversos consumidores. Além disso, a devida classificação e uso dos diversos combustíveis, fluidos e sua periculosidade, acontece conforme apresenta a NR 13, e está sintetizado na tabela a seguir:

Tabela 01: Classificação dos fluidos

Classe A	- Fluidos inflamáveis; - Fluidos combustíveis com temperatura superior ou igual a 200 °C; - Fluidos tóxicos com limite de tolerância igual ou inferior a 20 ppm; - Hidrogênio; - Acetileno.
Classe B	- Fluidos combustíveis com temperatura inferior a 200 °C; - Fluidos tóxicos com limite de tolerância superior a 20 ppm.
Classe C	- Vapor de água, gases asfixiantes simples ou ar comprimido.
Classe D	- Outro fluido não enquadrado acima.

Fonte: Adaptado de NR-13

A Norma Regulamentadora NR 13, que aborda caldeiras, vasos de pressão e tubulações, é crucial para a segurança e o gerenciamento adequado desses equipamentos. A NR 13 estabelece diretrizes para a inspeção, manutenção e operação segura, minimizando riscos de acidentes e garantindo a integridade dos sistemas.

A soldagem por trepanação pode produzir diversos tipos de resíduos, como aparas de metal, gases, óleos e outros subprodutos que precisam ser gerenciados adequadamente para evitar contaminação e garantir a segurança do ambiente de trabalho. A correta classificação, controle de emissões e tratamento dos resíduos são fundamentais para a segurança no trabalho e a preservação do meio ambiente, refletindo o compromisso das empresas com a responsabilidade ambiental e a conformidade normativa.

2.2. Métodos de reparo com soldagem

Existem diversos métodos de reparo com soldagem, cada um sendo mais adequado para determinadas situações. Alguns dos métodos comuns de reparo com soldagem incluem:

1. Soldagem por eletrodo revestido: É um método popular e versátil, adequado para uma ampla gama de materiais e espessuras. Envolve o uso de um eletrodo revestido que derrete e se funde com o metal base para realizar a soldagem.

2. Soldagem MIG/MAG: Essa é uma técnica que utiliza uma fonte de alimentação contínua para criar um arco elétrico entre o eletrodo de solda e a peça de trabalho. O material de adição é alimentado automaticamente e a proteção gasosa é fornecida para prevenir a contaminação por oxigênio.

3. Soldagem TIG: Também conhecida como GTAW, utiliza um eletrodo não consumível de tungstênio para criar um arco elétrico. O material de adição pode ser introduzido manualmente e uma atmosfera de gás inerte é utilizada para garantir a qualidade da soldagem.

4. Soldagem a arco submerso: Nesse método, o arco elétrico é formado entre um eletrodo consumível e a peça de trabalho, enquanto um fluxo granular é utilizado para proteger a poça de fusão. É comumente utilizado em soldagens de alta produtividade e em peças de grande espessura.

5. Soldagem por resistência: Consiste em unir as peças utilizando a própria resistência elétrica dos materiais a serem soldados. Esse método produz uma solda rápida, limpa e eficiente, mas é geralmente usado apenas em materiais condutores, como metais.

No caso específico de tubulações de gás, as normas técnicas e regulamentações são rigorosas para garantir a segurança. Para reparos que envolvem soldagem em tubulações de gás, certifique-se de seguir os procedimentos específicos recomendados pelos órgãos reguladores e licenças necessárias. A soldagem pode ser usada para reparar fissuras, vazamentos ou desgaste da tubulação de gás, porém, é indispensável que um profissional qualificado execute o trabalho de acordo com as normas e cuidados específicos para garantir a segurança do sistema.

2.3. Ensaios prévios para executar a soldagem

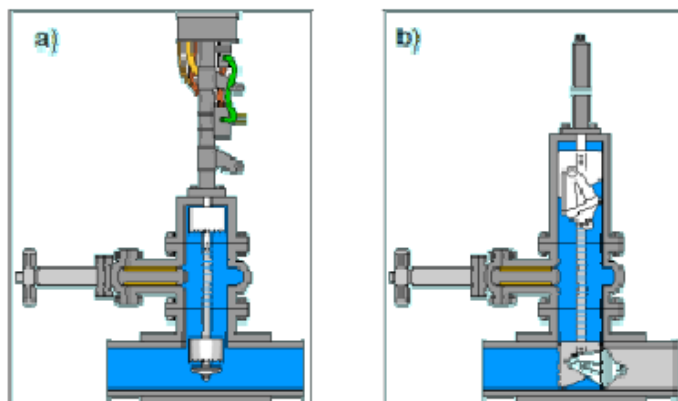
Antes de se executar a soldagem que precede o processo de furo em carga (trepanação), devem ser executados 3 ensaios para determinar como será executada a soldagem do Fitting (peça que irá ramificar entre os trechos), que são o “teste de medição de espessura” com ultrassom, para ter o conhecimento da espessura da parede da tubulação ou peça, “Teste de Severidade Térmica” para saber o tempo de resfriamento que determinada peça ou tubulação demora para resfriar e a “avaliação do risco de perfuração” que consiste na junção dos dois testes anteriores com as condições encontradas no local da soldagem através de modelo de análise térmicas com o auxílio de um programa chamado *battelle - termal Analysis Model for Hot-Tap*

2.4. Soldagem por trepanação

A soldagem por trepanação é amplamente utilizada no Brasil e em diversos países ao redor do mundo. A técnica se tornou essencial para a indústria de transporte de combustíveis, possibilitando a expansão das redes de abastecimento de forma mais rápida e eficiente, sem interrupções no fornecimento.

Conhecido como o procedimento utilizado para criar conexões entre tubulações e vasos hidráulicos sem retirá-los de operação, a soldagem por trepanação consiste na instalação de conexões, em que o equipamento permite a instalação de válvulas sanduíche que permite que ferramentas de perfuração sejam acopladas às utilizadas na etapa da perfuração e tamponamento, sendo que esse segundo é utilizado em situações específicas, cuja intervenção não é do tipo derivação.

Figura 1: Operação de trepanação, detalhes das ferramentas – a) perfuração; b) bloqueio



Fonte: Adaptado de Paes, Teixeira e Filho (2000)

O ensaio de soldagem por trepanação é um método utilizado para avaliar a qualidade da solda em uma junta soldada. O processo envolve a remoção de um disco circular de metal ao redor da zona de soldagem, que é então examinado microscopicamente para identificar quaisquer defeitos presentes na junta soldada. A tabela 2 apresenta as seis etapas gerais da análise e dos ensaios que envolvem a soldagem por trepanação.

Tabela 2: Seis etapas gerais da análise e dos ensaios que envolvem a soldagem por trepanação

Etapas	Detalhamento da etapa
1. Preparação da amostra	A junta soldada é preparada de acordo com os padrões e procedimentos estabelecidos. Isso pode envolver a limpeza da superfície da solda e a remoção de qualquer revestimento ou impurezas que possam interferir na análise.
2. Trepanação	Um equipamento especializado é usado para cortar um disco circular ao redor da zona de soldagem. Isso é feito com precisão para garantir que a área de interesse seja incluída no disco amostra.
3. Preparação do disco amostra	O disco amostra é preparado para análise. Isso pode envolver o polimento da superfície para remover quaisquer irregularidades ou oxidação que possam interferir na visibilidade dos defeitos.
4. Análise microscópica	O disco amostra é examinado por microscopia para identificar qualquer tipo de defeito presente na junta soldada. Isso pode incluir trincas, inclusões de óxido, porosidade, falta de fusão, entre outros. Dependendo do tamanho e da natureza do defeito, pode ser necessário o uso de técnicas de iluminação especial ou corantes para realçar a visibilidade.

5. Avaliação dos defeitos	Os defeitos identificados durante a análise microscópica são avaliados de acordo com os critérios estabelecidos pelas normas e especificações aplicáveis. A gravidade dos defeitos pode ser classificada de acordo com sua extensão e impacto na integridade estrutural da junta soldada.
6. Relatório de ensaio	Ao final do ensaio, um relatório é elaborado contendo todas as informações relevantes, incluindo a identificação da junta soldada, os resultados da análise microscópica, a avaliação dos defeitos encontrados e quaisquer recomendações para correções ou melhorias na soldagem.

Fonte: Autoria própria, 2024.

Ainda é necessário ressaltar que a trepanação não deve ser executada em tubulações ou dutos que operem com alguns fluídos: peróxidos, cloro (Cl₂), hidrogênio (H₂), oxigênio (O₂), gás sulfídrico (H₂S), substâncias cáusticas ou ácidas.

3. METODOLOGIA

Os estudos de caso desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de pesquisas em engenharia mecânica, uma vez que fornecem uma oportunidade para os pesquisadores analisarem e investigarem um fenômeno ou problema específico em profundidade. Essa abordagem oferece uma visão prática e detalhada de situações reais, permitindo compreender como os princípios teóricos e conceitos são aplicados na prática.

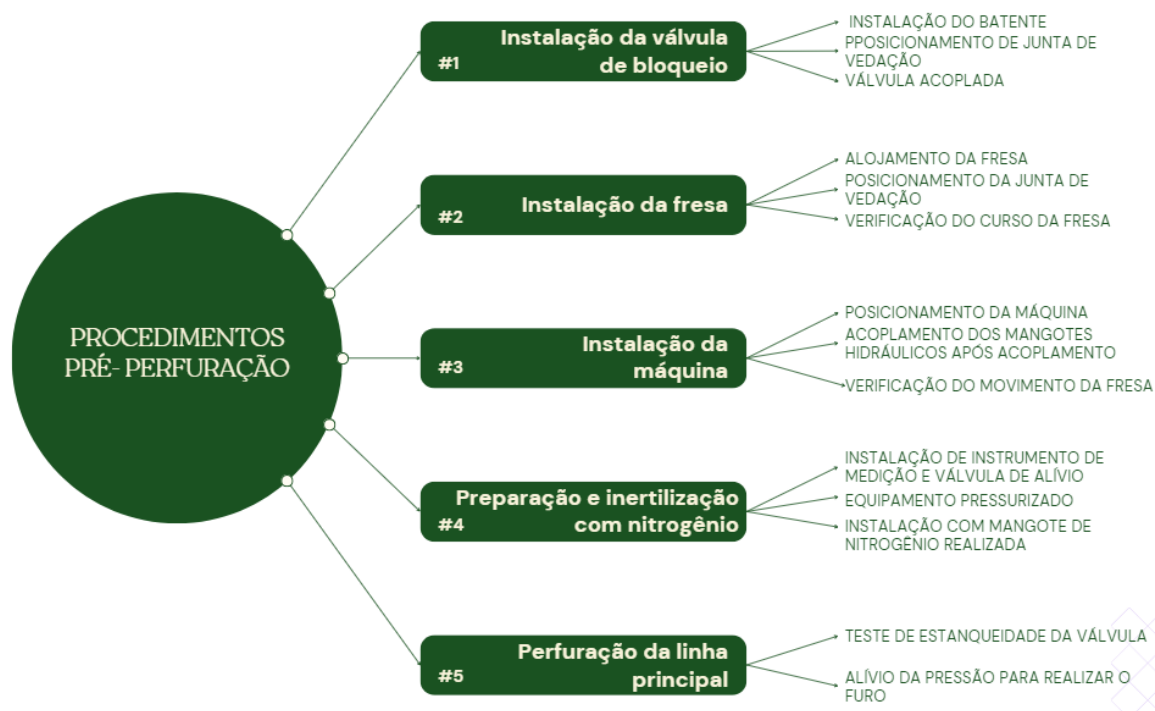
A importância dos estudos de caso em engenharia mecânica reside na capacidade de fornecer uma visão holística e contextual de um determinado problema. (Wikert; Lewis, 2023) Isso permite que os pesquisadores considerem as interações entre diferentes variáveis e componentes em um sistema, levando em consideração todos os aspectos relevantes em um determinado contexto.

O presente trabalho é uma pesquisa empírica, ou seja, um estudo de caso responsável por observar uma situação com foco específico onde uma empresa e sua atividade foram pesquisadas, onde foi realizada uma coleta de dados desenvolvida por pesquisa documental e observação, conforme defendido por Marconi e Lakatos (2001).

Após o levantamento de dados e a observação do serviço acompanhado, mais especificamente, uma manutenção em uma tubulação de gás GNV, foi realizada uma triangulação dos dados obtidos, permitindo compreender não apenas os fenômenos e atividades executadas, mas também compreender os limites e possíveis melhorias a serem implementadas no futuro. Os resultados foram analisados por métodos qualitativos, por meio da comparação com outros processos.

A execução do serviço específico da soldagem pró-trepanação foi dividido em dois momentos: o momento pré perfuração (conforme apresentado na Figura 02) e o momento pós perfuração.

Figura 02: Procedimentos pré-furação



Fonte: Autoria própria (2024)

No período pós perfuração, a atenção se voltou para a estabilização e o monitoramento da área perfurada. A soldagem realizada teve como objetivo garantir a vedação perfeita e a resistência mecânica necessária para suportar as condições de operação. Testes de pressão e integridade foram conduzidos para assegurar que não houvesse vazamentos ou falhas no ponto de intervenção. Adicionalmente, foram aplicados revestimentos protetores para prevenir a corrosão e prolongar a vida útil da tubulação.

A análise dos resultados obtidos durante essas etapas revelou pontos de melhoria e a necessidade de ajustes em procedimentos futuros. A comparação com outros processos de manutenção permitiu identificar práticas mais eficientes e seguras, contribuindo para a evolução contínua das técnicas empregadas na manutenção de tubulações de gás GNV.

Assim, este estudo de caso não só proporcionou uma compreensão detalhada do processo de soldagem pró-trepanação em tubulações, mas também destacou a importância da avaliação contínua e da implementação de melhorias baseadas em evidências empíricas para a otimização das práticas de engenharia.

4. RESULTADOS

Antes do início da execução do serviço, foi realizada a reunião (DSSMA) entre os profissionais direta e indiretamente envolvidos no procedimento a ser executado. No DSSMA, é oportunizado o momento de fala e compartilhamento de informações, riscos e procedimentos executivos pertinentes a tarefa a ser executada no dia. Essa reunião contou com a participação da equipe responsável em desenvolver o serviço, a fiscalização da contratante e a equipe responsável pela operação dos equipamentos da trepanação.

Na sequência é avaliado o dossiê documental de QSMS (APR, PAE, licenças, procedimento executivo, entre outros) e então gerada a Permissão de Trabalho – PT. Somente após essas etapas é que a atividade teve início. Outra orientação muito importante é que, aqueles que não tiverem envolvidos diretamente na operação que, se mantenham distantes para que haja segurança, espaço e conforto para a Equipe-C executar o furo.

Sobre o maquinário, a Equipe C realizou a perfuração da tubulação por meio do HTM – Hot Tapping Machine. Desta maneira é possível a interconexão de dutos sem a interrupção do fluxo, ou execução de bloqueios definitivos ou provisórios. Estes equipamentos são projetados com fatores de segurança adequados, no entanto não se deve exceder as especificações recomendadas, em hipótese alguma. No planejamento é definido a HTM ideal para o serviço, levando em consideração diversos fatores como interferências externas, além de classe de pressão, capacidade da máquina, calendário de disponibilidade do equipamento. A seguir é apresentada a figura que apresenta esse equipamento e suas informações gerais:

Figura 03: HTM 243 – Máquina utilizada

Máxima pressão de operação 100 kgf/cm²
Máxima temperatura de operação: 200 °C
Curso da haste perfuradora: 32"
Diâmetro da haste Ø32 mm
Motores: pneumático / hidráulico / operação manual
Peso: 32 kg
Comprimento: 2130 mm



Figura 1 - HTM 243

Fonte: Autoria própria (2024)

Também foi utilizada uma unidade hidráulica de 12,5 cv, apresentada na figura 04. Ela é bem compacta e versátil se adapta facilmente em qualquer lugar além de atender com muita qualidade os serviços determinados, utilizada para trepanações de até Ø 12". Existem três

modelos, dois modelos desses são fabricados pela EKIPE-C, sua forma de acionamento por painel elétrico se tratando das mais antigas, e as que são embutidas o painel na máquina que são as mais atualizadas, suas conexões e mangueiras são de ½” para o sentido do fluxo e retorno. Além disso, o equipamento conta com uma válvula controladora de fluxo para ajuste, que permite aumentar o diminuir a vazão conforme necessário.

Figura 04: Unidade de 12,5 cv.



Fonte: Autoria própria (2024)

Para a realização dos serviços de hot tapping verificar área de trabalho riscos do local seguindo a APR – Análise preliminar de risco, apoios a serem fornecidos pelo cliente como ponto de energia e água, instalação do fittings na tubulação, içamento de equipamentos caso seja necessário, andaimes e demais descritos na ordem de serviços. Então, identificar todos os apoios, condições da área e segurança antes de iniciar qualquer tipo de atividade.

O desenvolvimento da instalação por trepanação no referido posto se deu conforme apresenta o Apêndice A.

5. CONCLUSÃO

Em conclusão, o estudo de caso sobre a soldagem por trepanação em um posto de abastecimento veicular GNV em Vitória-ES proporcionou um valioso aprendizado sobre a importância da manutenção e segurança nas instalações de abastecimento de gás natural.

Ao analisar o processo de soldagem por trepanação, foi possível compreender a necessidade de técnicas adequadas e profissionais qualificados para garantir uma solda segura e resistente, evitando vazamentos de gás que possam ocasionar acidentes graves.

Além disso, o estudo de caso ressaltou a importância da inspeção regular das instalações, a fim de identificar eventuais falhas ou danos que possam comprometer a integridade da solda. A manutenção preventiva e corretiva, sempre realizada por profissionais capacitados, deve ser uma prioridade para assegurar a segurança dos usuários e evitar possíveis incidentes.

Outro aspecto relevante aprendido através desse estudo foi a importância do cumprimento das normas e regulamentações específicas para a operação de postos de abastecimento de GNV. O não cumprimento dessas diretrizes pode resultar em sanções e colocar em risco tanto os clientes como o meio ambiente.

Portanto, o estudo de caso sobre a soldagem por trepanação em um posto de abastecimento veicular GNV em Vitória-ES proporcionou uma compreensão aprofundada sobre a importância da soldagem segura e da manutenção das instalações. Esses conhecimentos são essenciais para garantir a segurança dos usuários, a preservação do meio ambiente e o bom funcionamento dos postos de abastecimento de GNV.

REFERENCIAL TEÓRICO

BAIRD. C. Química Ambiental, 2a Ed. Bookman, 2005.

CARDOSO, Letycia. **GNV deve aumentar até R\$ 1 nas bombas a partir de janeiro de 2022.** Disponível em: <<https://extra.globo.com/economia-e-financas/gnv-deve-aumentar-ate-1-nas-bombas-partir-de-janeiro-de-2022-25318889.html>>. Acesso em: 7 ago. 2023.

DOHMEN, Dieter; FUCHS, Kathrin; HIMPELE, Klemens. Bildung, externe Effekte, technologische Leistungsfähigkeit und Wirtschaftswachstum: Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 13-2006 em Auftr. des Bundesministeriums für Bildung und Forschung

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Metodologia científica. São Paulo: Atlas, 2001.

NR-13 Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações. Disponível em: <<https://www.areaseg.com/nrindex/nrphp/nr-13.php>>. Acesso em: 30 nov. 2023.

PAES, M.T.P; TEIXEIRA, J.C.G; FILHO, B.G.S. – Procedimentos para soldagem de dutos e tubulações industriais em operação. Relatório Técnico Final – PETROBRÁS, Rio de Janeiro/RJ, 2000.

YIN, R. K. Estudo de caso: Planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.

WICKERT, Jonathan; LEWIS, Kemper. **Introdução à engenharia mecânica**. Cengage Learning, 2023.

APÊNDICE A – DESENVOLVIMENTO DA SOLDAGEM POR TREPANAÇÃO



Instalação de batente.



Posicionamento de junta de vedação.



Válvula acoplada.



Fresa e alojamento da fresa



Posicionamento de junta de vedação.



Verificação do curso da fresa.



Posicionamento da máquina



Acoplamento dos mangotes hidráulicos pós acoplamento



Verificação do movimento da fresa.



Instalação de instrumento de medição e válvula de alívio



Instalação com mangote de nitrogênio realizada.



Equipamento pressurizado.



APÓS TESTAR ESTANQUEIDA DA VÁLVULA, A PRESSÃO É ALIVIADA PARA INICIAR O FURO.



FINDADA A PERFURAÇÃO É VERIFICADA SE A PRESSÃO NA VÁLVULA É A MESMA DA PRESSÃO DE OPERAÇÃO DA LINHA.



Remoção da máquina de furo – 1ª etapa



Remoção da máquina de furo – 2ª etapa



Sede da válvula.

ESSE PROCEDIMENTO É REALIZADO PARA SUBSTITUIR A FRESA PELA FERRAMENTA DE INSTALAÇÃO DO STOP PLUG.



Stop Plug instalado na máquina.



Acoplamento da máquina.



Descida do Stop Plug.



Travamento do Stop Plug no flange do fitting.



Conferência da estanqueidade do Stop Plug.



Desmontagem da máquina de furo.



Destravamento dos estojos.



Retirada do alojamento.



Desmontagem da válvula de bloqueio.



Stop Plug instalado no fitting.



Instalação do flange cego.



Flange cego instalado.

COM A INSTALAÇÃO DO FLANGE CEGO NO FITTING, A ATIVIDADE DE TREPANAÇÃO ESTÁ CONCLUÍDA E A LINHA DISPONÍVEL PARA REALIZAR FORNECIMENTO DE GÁS PARA REDE.