



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

MARIA BEATRIZ BARRETO DE SOUZA

**IMPLANTAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO INTERNA DE SOLDAGEM E SOLDADORES
EM UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE TANQUES METÁLICOS
JAQUETADOS SUBTERRÂNEOS PARA COMBUSTÍVEIS EM TERESINA - PI**

**TERESINA
2021**

MARIA BEATRIZ BARRETO DE SOUZA

IMPLANTAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO INTERNA DE SOLDAGEM E SOLDADORES
EM UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE TANQUES METÁLICOS JAQUETADOS
SUBTERRÂNEOS PARA COMBUSTÍVEIS EM TERESINA - PI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para obtenção do diploma
do Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí. Campus Teresina Central.

Orientador: Prof. Dr. Ayrton de Sá Brandim

TERESINA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Souza, Maria Beatriz Barreto de
S725i Implantação da certificação interna de soldagem e soldadores em uma empresa de fabricação de tanques metálicos jaquetados subterrâneos para combustíveis em Teresina - PI / Maria Beatriz Barreto de Souza. - 2021.
78 f.: il. color.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)
- Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2021.
Orientador: Prof. Dr. Ayrton de Sá Brandim.

1. Avaliação da conformidade. 2. Qualificação de procedimento de soldagem. 3. Qualificação de soldadores. I. Título.

CDD – 620

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085

MARIA BEATRIZ BARRETO DE SOUZA

IMPLANTAÇÃO DA CERTIFICAÇÃO INTERNA DE SOLDAGEM E SOLDADORES
EM UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE TANQUES METÁLICOS JAQUETADOS
SUBTERRÂNEOS PARA COMBUSTÍVEIS EM TERESINA - PI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como exigência parcial para obtenção do diploma
do Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí. Campus Teresina Central.

Aprovada em: 06/07/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ayrton de Sá Brandim (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Edilson Marinho da Silva Júnior
Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN)

Prof. Me. José Matias Ferreira Filho
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Dedico este trabalho a Deus, o maior orientador da minha vida. Aos meus pais, amigos e professores. Obrigada pela dedicação, torcida e cuidado em todos os momentos da minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Durante todo o curso fui agraciada por Deus em colocar no meu caminho pessoas que me incentivaram, acreditaram, estiveram nos momentos difíceis e proporcionaram grandes alegrias.

Agradeço à Deus, por ser meu sustento e fortaleza, por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

A minha família, especialmente aos pais, Aldai Leonardo de Souza (*in memoriam*), que deixou o maior exemplo de amor, determinação e inspiração, e Maria Bernadete Barreto, por todo o amor e doação para que eu pudesse realizar meus sonhos. Toda gratidão! A vitória é nossa!

Ao Instituto Federal do Piauí por ser minha segunda casa e proporcionar oportunidades únicas na minha vida profissional e pessoal.

Ao professor orientador Dr. Ayrton de Sá Brandim, por toda paciência, dedicação, profissionalismo e inspiração. Grata pela confiança depositada.

Aos meus amigos de curso, que foram essenciais nos momentos difíceis e compartilharam tanto companheirismo, deixando o percurso mais leve. Em especial, aos meus amigos Gabriel Duarte de Moraes Trindade e Eduardo Rodrigues do Nascimento Silva, obrigada pelo apoio e por não permitirem minha desistência.

Ao meu companheiro de vida, Ayrton, pelo apoio e compreensão. Obrigada por oferecer seu suporte e amor essa caminhada.

Ao Sr. José Nazareno de Melo e toda equipe de colaboradores da sua empresa. Grata pela oportunidade, acolhimento e ensinamentos durante meu estágio. Agradeço em especial ao colaborador Sr. Genésio Alves da Silva, pela sua solicitude e amizade.

A todos que contribuíram para minha evolução. Muito obrigada!

“O êxito da vida não se mede pelo caminho que
você conquistou, mas sim pelas dificuldades que
superou no caminho”.

Abraham Lincoln

RESUMO

Durante o estágio supervisionado realizado em uma empresa que fabrica tanques metálicos jaquetados subterrâneos em Teresina-PI, foi observada a necessidade de elaborar e qualificar internamente os procedimentos de soldagem e dos soldadores para os processos de soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido e o processo de soldagem ao arco elétrico com atmosfera com proteção gasosa. A problemática é oriunda de reprovações seguidas nos ensaios de qualificação dos soldadores, o qual é exigido durante as auditorias trimestrais compulsórias em que a empresa é submetida, gerando uma não conformidade, e consequentemente, a rejeição dos tanques. Assim, o presente trabalho tem como objetivo estabelecer os procedimentos para certificação de soldagem e dos soldadores, adequando as exigências da norma ABNT NBR 16161/2019 e Código ASME SEÇÃO IX. Foram tomadas ações de junto aos colaboradores, no caso, os soldadores, com a validação dos parâmetros de soldagem para ambos os processos, treinamentos, e acompanhamento “*in locu*” para ações mitigatórias e com isso a obtenção de um produto de qualidade. Para as referidas avaliações foi confeccionado um corpo de prova por cada soldador e submetidos aos ensaios exigidos pela norma. Posteriormente foram analisados os resultados dos corpos de provas quanto a inspeção visual, líquido penetrante, a sua resistência a tração, dobramento, composição química e radiografia industrial. Como resultado, aponta-se que o objetivo proposto foi alcançado não havendo mais reprovações, e consequentemente, sanando a não conformidades sofrida anteriormente, garantindo a eficácia das soldas e qualidade dos produtos fabricados, comprovadas por meio dos documentos elaborados e resultados dos ensaios.

Palavras-chave: Avaliação da conformidade, Qualificação de procedimento de soldagem, Qualificação de soldadores.

ABSTRACT

During the supervised internship carried out in a company that manufactures jacketed metal underground tanks in Teresina-PI, the need to internally develop and qualify the welding procedures and welders for the processes of electric arc welding with coated electrode and the process of electric arc welding with gas shield atmosphere. The problem stems from failures followed in the qualification tests of welders, which is required during the compulsory quarterly audits in which the company is submitted, generating a non-conformity, and consequently, the rejection of the tanks. Thus, this work aims to establish the procedures for certification of welding and welders, adapting the requirements of ABNT NBR 16161/2019 and ASME Code SECTION IX. Actions were taken with employees, in this case, welders, with the validation of the welding parameters for both processes, training, and follow-up "in locu" for mitigating actions and thus obtaining a quality product. For these evaluations, a specimen was made by each welder and submitted to the tests required by the standard. Subsequently, the results of the specimens were analyzed regarding visual inspection, penetrating liquid, its tensile strength, folding, chemical composition and industrial radiography. As a result, it is pointed out that the proposed objective was achieved with no further failures, and consequently, remedying the previously suffered non-conformities, ensuring the effectiveness of solders and the quality of manufactured products, proven through the documents prepared and test results.

Keywords: Conformity assessment, Qualification of welding procedure, Qualification of welders.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tanque metálico jaquetado subterrâneo.....	24
Figura 2 – Ilustração da retirada dos corpos de prova para os ensaios de tração e dobramento.....	32
Figura 3 – Ilustração dos limites utilizados na geometria do chanfro da junta a ser soldada	33
Figura 4 – Corpo de prova de acordo com ABNT NBR 16161/2019.	36
Figura 5 – Atualização e preparação para Certificação Interna.....	38
Figura 6 – Filmes radiográficos Fiudos corpos de prova de cada soldador.....	49
Figura 7 – Corpos de prova submetidos ao ensaio de líquido penetrante dos soldadores 1, 2, 3, e 4, respectivamente	50
Figura 8 – Microestrutura do corpo de prova referente ao Soldador 1.	52
Figura 9 – Microsestrutura do corpo de prova referente ao Soldador 2.	53
Figura 10 – Microsestrutura do corpo de prova referente ao Soldador 3.....	54
Figura 11 – Microsestrutura do corpo de prova referente ao Soldador 4.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade e dimensões de tanque de armazenamento de combustível	25
Tabela 2 – Agrupamento de Metais de Base.	32
Tabela 3 – Metais de Base alternativos permitidos.....	32
Tabela 4 – Classificação AWS e especificação ASME S IX, Eletrodos e Arames	33
Tabela 5 – Insumos de soldagem utilizados no Registro de Qualificação do Procedimento de Soldagem (RQPS).....	34
Tabela 6 – Parâmetros de Soldagem para os processos SAER e MIG/MAG.	35
Tabela 7 – Parâmetros utilizados no ensaio de radiografia industrial.....	43
Tabela 8 – Resultado do ensaio de tração do metal de base	46
Tabela 9 – Resultados dos ensaios de tração nas juntas soldadas dos corpos de prova confeccionados pelos soldadores.....	47
Tabela 10 – Resultados do Ensaio de Dobramento Transversal	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASME	American Society of Mechanical Engineers
AWS	American Welding Society
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CP	Corpo de Prova
CGCRE	Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro
CA	Corrente Alternada
CCEP (CC+)	Corrente Contínua Eletrodo Positivo
CCEN (CC-)	Corrente Contínua Eletrodo Negativo
EPS	Especificação de Procedimento de Soldagem
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Norma Técnica Brasileira
OCP	Organismo de Certificação de Produtos
PAC	Programas de Avaliação da Conformidade
RQPS	Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem
RQS	Registro de Qualificação de Soldador
SBAC	Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade
SBC	Sistema Brasileiro de Certificação
SAER	Soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido
USTs	Underground Store tanks

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	17
1.2	OBJETIVO GERAL	17
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4	JUSTIFICATIVA	18
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE.....	20
2.2	TIPOS DE CERTIFICAÇÃO	21
2.2.1	Certificação Voluntária	22
2.2.2	Certificação Compulsória	22
2.3	TANQUES DE ARMAZENAMENTO	23
2.4	QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM E DOS SOLDADORES	26
2.4.1	Documentos Técnicos de Soldagem	27
2.4.1.1	Especificação do Procedimento de Soldagem (EPS)	27
2.4.1.2	Conteúdo da EPS	28
2.4.1.3	Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem (RQPS)	28
2.4.1.4	Conteúdo do RQPS	28
2.4.1.5	Registro de Qualificação de Soldador (RQS)	28
2.4.1.6	Conteúdo do RQS	29
2.4.2	Principais Variáveis para Qualificação de EPS/RQPS	29
3	METODOLOGIA	31
3.1	QUALIFICAÇÃO DOS SOLDADORES E DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM	31
3.1.1	Metal de Base	31
3.1.2	Metais de Adição para Soldagem MIG/MAG e Soldagem Eletrodo Revestido	33

3.1.3	Parâmetro de Soldagem para os Processos de Soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido (SAER) e Soldagem ao Arco Elétrico com Atmosfera de Proteção Gasosa (MIG/MAG)	34
3.2	AMOSTRAS PARA CERTIFICAÇÃO DAS SOLDAS NOS TANQUES	35
3.3	ENSAIOS REALIZADOS PARA QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM E DO SOLDADOR	36
3.3.1	Treinamento Teórico-Prático sobre os Processos de Soldagem SAER e MIG/MAG.....	37
3.4	ENSAIOS MECÂNICOS	38
3.4.1	Ensaio Não-Destrutivos.....	40
3.4.1.1	Ensaio de Inspeção Visual	40
3.4.1.2	Ensaio de Líquido Penetrante	41
3.4.1.3	Ensaio de Metalografia.....	42
3.4.1.4	Ensaio de Radiografia Industrial.....	43
3.4.2	Ensaio Destrutivos.....	44
3.4.2.1	Ensaio de Tração.....	44
3.4.2.2	Ensaio de Dobramento	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1	RESULTADO DOS ENSAIOS MECÂNICOS.....	46
4.1.1	Ensaio de Tração do Metal de Base	46
4.1.2	Ensaio de Tração da Junta Soldada	46
4.1.3	Ensaio de Dobramento da Junta Soldada.....	47
4.2	RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL.....	48
4.3	ENSAIO DE LÍQUIDO PENETRANTE.....	49

4.4	ENSAIO DE METALOGRAFIA.....	50
4.5	FORMULÁRIO DO PROCEDIMENTO DE CERTIFICAÇÃO INTERNA DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM	56
4.6	FORMULÁRIO DO PROCEDIMENTO DE CERTIFICAÇÃO INTERNA DOS SOLDADORES	56
5	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICE A - Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem (RQPS)	61
	APÊNDICE B - Especificação do Procedimento de Soldagem (EPS)	63
	APÊNDICE C - Registro de Qualificação do Soldador (RQS)	65
	ANEXO A – LAUDOS DOS ENSAIOS NO CORPO DE PROVA DO SOLDADOR 1	67
	ANEXO B - LAUDOS DOS ENSAIOS NO CORPO DE PROVA DO SOLDADOR 2	70
	ANEXO C - LAUDOS DOS ENSAIOS NO CORPO DE PROVA DO SOLDADOR 3	73
	ANEXO D - LAUDOS DOS ENSAIOS NO CORPO DE PROVA DO SOLDADOR 4	76

1 INTRODUÇÃO

A armazenagem é um procedimento vindo desde o período pré-histórico, no qual o homem estocava alimento para sobreviver. Com a evolução social, a prática de armazenamento tornou-se cada vez mais necessária, principalmente, com o crescimento econômico e desenvolvimento urbano após a Revolução Industrial. Ao longo do tempo houve um progressivo aumento pela estocagem, não só de alimentos, mas também de substâncias químicas.

Essa condição não foi diferente para as empresas do ramo petrolífero e seus derivados, onde a armazenagem dos produtos e insumos relacionados a este segmento é fator fundamental e estratégico. Em consequência, o número de postos de abastecimentos cresceu, contudo, havia carências de normas para regulamentação no processo de fabricação e instalação para prevenção acidentes, prejuízos financeiros e impactos ambientais. Resultando no surgimento dos primeiros problemas de vazamentos de combustível, poluição de solos, ar, água etc.

O principal meio de estocagem de petróleo e seus derivados é o tanque de armazenamento. O tanque é um reservatório destinado para guarda de grandes volumes, protegendo contra a temperatura e pressão externa, volatilidade, inflamabilidade do produto e contaminantes contidos no ar. Para isso, deve possuir integridade estrutural, no qual, não podem conter vazamentos, rachaduras, porosidades, trincas ou qualquer outro defeito.

Durante a montagem de tanques de armazenamento destaca-se um processo fundamental, a soldagem. Em função da sua importância esta é gerenciada por normas que determinam aspectos relacionados a qualidade e segurança que devem ser seguidos à risca, pois uma falha nesse processo pode levar a enormes danos.

O presente trabalho tratará do processo de soldagem a Arco Elétrico com Eletrodo Revestido e o processo MIG/MAG empregados na fabricação dos tanques. Ressaltando o estabelecimento dos parâmetros adequados para ambos os processos e a realização dos ensaios de qualificação das soldas e dos soldadores.

Diante do exposto é notória a responsabilidade do fabricante na utilização dos recursos, procedimentos e parâmetros adequados para se ter a integridade do tanque.

Neste contexto a proposta do presente trabalho é implantar a certificação de soldas e de soldadores em uma empresa de fabricação de tanques.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Segundo BARROS (2009), os tanques podem ser classificados em vasos de armazenamento com baixa pressão, sendo denominados como tanques de baixa pressão e os de alta pressão, citados como vasos de pressão. No caso dos tanques de armazenamentos subterrâneos, foco desse trabalho, NADIM, *et al.* (2000) os denomina como tanques de armazenamento subterrâneos (USTs – Underground store tanks) que são comumente usados para armazenamento de substâncias líquidas químicas a base de petróleo.

Com as atuais legislações em vigor, e com o objetivo de se evitar tragédias, poluição ambiental pelo vazamento de substâncias químicas, impõe-se as empresas que constroem esses tipos de tanques de armazenamento, que seus produtos sejam certificados por um organismo de certificação devidamente credenciado junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Durante o Estágio Supervisionado realizado em uma empresa que fabrica tanques em Teresina-PI, foi detectado a necessidade de implementar os procedimentos para certificação interna de soldagem e dos soldadores, para que os tanques de armazenamento subterrâneo fabricados não apresentassem defeitos que viessem a reprovar ou gerar o retrabalho na construção.

Haja vista que, foi identificado, durante as inspeções diárias, que havia desperdícios de insumos decorrente ao retrabalho pelos defeitos nas soldas encontradas durante os testes no tanque.

1.2 OBJETIVO GERAL

Estabelecer os procedimentos para certificação de soldagem e dos soldadores, adequando à norma ABNT NBR 16161/2019 e Código ASME Seção IX.

1.3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Conferir os parâmetros de soldagem para cada processo de soldagem utilizado

na fábrica com as normas;

- Elaborar as fichas de registros dos ensaios para certificação interna e dos processos de soldagem;
- Qualificar os soldadores por meio de minicursos e palestras;
- Reduzir os desperdícios de insumos de solda;
- Realização dos ensaios não destrutivos de qualificação das soldas (inspeção visual, líquido penetrante, metalografia, composição química e radiografia industrial);
- Realização dos ensaios destrutivos de qualificação das soldas (tração e dobramento transversal);
- Realizar análises dos resultados.

1.4 JUSTIFICATIVA

A motivação deste trabalho partiu da necessidade encontrada na empresa que fabrica tanques metálicos jaquetados subterrâneos em Teresina-PI de corrigir uma não conformidade sofrida em uma auditoria compulsória, realizada por um Organismo de Certificação de Produtos (OCP), acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (CGCRE), ocorrida em outubro de 2020, na qual, foi detectada nos resultados dos ensaios de tração transversal e raio X a reprovação da solda.

A empresa passa por auditoria, conforme estabelece a Portaria N° 185, de 04 dezembro de 2003, do INMETRO. O subitem 6.1.2.3 “Visitas Periódicas”, afirma que a cada três meses, o OCP deve acompanhar o processo produtivo e testemunhar os ensaios de rotina executados pelo fabricante, sendo que ao término de cada ano todos os ensaios de rotina deverão ter sido testemunhados.

No subitem 6.1.2.3.2 deixa claro que além das ações acima, o OCP deverá conduzir, em cada visita, uma investigação nos registros de ensaios de rotina realizados desde a sua última visita, bem como verificar os registros de calibração dos instrumentos de medição empregados na realização dos ensaios de produção.

Dentre os critérios de aceitação ou rejeição dos tanques, enfatiza-se o item 5.9.4, da NBR 16161/2019, em que no caso de detecção de defeitos, ocorridos nos ensaios conforme 5.9.2 (Ensaio Não Destrutivo - Procedimento) e 5.9.3 (Ensaio

Mecânico – Procedimento), os corpos de prova dos outros dois tanques segregados devem ser ensaiados. Se apresentarem os mesmos defeitos, todos os tanques produzidos após os tanques ensaiados, caso tenham sido produzidos com o mesmo procedimento, e todo o lote de 100 tanques anteriores devem ser considerados rejeitados, e uma nova qualificação de processo de soldagem e de soldadores deve ser realizada.

Deste modo, o presente trabalho se propõe a realizar a implantação da certificação do procedimento de soldagem e dos soldadores, para que, seja corrigida a não conformidade sofrida.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 5 Capítulos. O primeiro capítulo trata de uma breve introdução sobre tanques, bem como os objetivos, a caracterização do problema e justificativa.

O Capítulo 2 tratará da revisão bibliográfica, na qual, serão abordados tópicos como a avaliação da conformidade e os seus termos, os tipos de certificação, além de abordar com mais detalhes o tanque metálico jaquetado subterrâneo e os ensaios requisitados para qualificação interna dos processos de soldagem e do soldador.

O Capítulo 3 será abordada a metodologia, detalhando o procedimento para qualificação e os respectivos parâmetros dos procedimentos de soldagem, além disso serão detalhados também os procedimentos para qualificação do soldador e das amostras para certificação das soldas nos tanques. Ao final serão abordados os ensaios destrutivos e não destrutivos realizados nos corpos de prova.

O Capítulo 4 apresenta os resultados e discussões acerca do que foi proposto. Apresentando os resultados de todos os ensaios citados no presente trabalho. Por fim, no Capítulo 5, são expostas as conclusões, a respeito dos resultados apresentados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento e aplicação do processo de certificação interna na referida empresa envolve um estudo minucioso, desde a pesquisa e compreensão das normas, realização de teste, até o registro de documentos técnicos sobre o processo de soldagem e a qualificação do soldador. Diante disso, se tem os termos relativos a avaliação da conformidade (seção 2.1); os tipos de certificação (seção 2.2); os tanques de armazenamento, enfatizando os tanques metálicos jaquetados subterrâneos (seção 2.3); e os requisitos necessários, segundo as normas ABNT NBR 16161/2019 e ASME SEÇÃO V e SEÇÃO IX, para qualificação interna do processo de soldagem e do soldador (seção 2.4).

2.1 AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE

As exigências do mercado têm imposto as indústrias oferecerem serviços e produtos cada vez mais com qualidade e pelo menor custo possível. Isso têm compulsado as indústrias buscarem a certificação de seus produtos como uma alternativa de enfrentar essas pressões do mercado e com isso aumentar a sua competitividade, porém, até meados dos anos 80, nos países desenvolvidos, só existia um único Organismo de Certificação que atuava basicamente na certificação de produtos (Rede Metrológica RS, 2000).

No Brasil, na década de 80, o INMETRO instituiu o antigo Sistema Brasileiro de Certificação, atualmente Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade (SBAC), que passou a estabelecer Programas de Avaliação da Conformidade (PAC). Com a implementação dos PAC foram então estruturados um conjunto de documentos que definem os requisitos a serem atendidos por um objeto e a discriminação das etapas para sua avaliação da conformidade por meio de órgãos certificadores que poderão atestar a certificação, a declaração da conformidade do fornecedor e a inspeção (CHAMUSCA; et. al. 2019).

Com a promulgação da Norma Brasileira ABNT NBR ISO/IEC 1700, 31/10/2005, define a Avaliação da Conformidade como:

“É a demonstração de que os requisitos especificados relativos a um produto, processo, sistema, pessoa ou organismo são atendidos.”

Didaticamente pode-se conceituar a Avaliação da Conformidade como sendo (Avaliação da Conformidade, 6ed. Inmetro):

“É um processo sistematizado, com regras pré-estabelecidas, devidamente acompanhado e avaliado, de forma a propiciar adequado grau de confiança de que um produto, processo ou serviço, ou ainda uma pessoa, atende a requisitos pré-estabelecidos em normas ou regulamentos, com o melhor custo-benefício possível para a sociedade.”

Resumidamente, a Avaliação da Conformidade serve de mecanismo para Certificação de Produtos que tem como base as normas nacionais e internacionais ou regulamentos técnicos que são utilizados por Organismos de Certificação de Produtos (OCPs) para conduzi-los e concederem a certificação de conformidade de produtos, em uma determinada área, chamada de escopo.

Assim, vale destacar que o processo de avaliação da certificação objetiva propiciar uma confiança na conformidade, e não a garantia da qualidade do produto, que é responsável inerente ao fabricante e isso é obtido por meio das ferramentas típicas da qualidade, tais como a frequência das auditorias, a amostragem dos ensaios a serem realizados ou a frequência com que se efetua ensaios em amostras colhidas na expedição das fábricas ou no mercado, com isso terá maior confiança de que o produto avaliado está em conformidade com a norma e/ou regulamento técnico aplicável.

2.2 TIPOS DE CERTIFICAÇÃO

A metrologia legal tem a função da atividade regulatória para a certificação da qualidade dos produtos, portanto o mecanismo para alcançar este objetivo de certificação é buscar organismos credenciados, que no Brasil é o SINMETRO e o organismo legislador é o Inmetro, como o organismo executor da política, assim cabe ao Inmetro credenciar os organismos públicos e privados que efetivamente certificaram a gestão da qualidade (INMETRO).

A certificação de qualidade de produtos baseia-se em normas, das quais devem especificar as características técnicas do produto, que normalmente são avaliadas por um organismo credenciado pelo órgão governamental. Essas certificações podem ter as características voluntárias e compulsórias que dependerá da natureza do produto, que normalmente, no caso das certificações compulsórias restringe-se aos produtos relacionados a saúde, meio ambiente e defesa do

consumidor, onde se utilizam o regramento, isto é, normas ISO, em caso de internacionalização, ou Norma Brasileira Registrada (NBR). (JOÃO JABBOUR; 2003).

2.2.1 Certificação Voluntária

Segundo o Inmetro, a certificação voluntária é de decisão exclusiva do solicitante tendo como objetivo a garantia da conformidade com as normas técnicas vigentes brasileiras, regionais ou internacionais. Atualmente em franca expansão, tanto no país, como no mundo.

No caso do Brasil, a certificação voluntária de produtos, serviços e de pessoas é realizada por um organismo certificador credenciado junto ao Inmetro, tendo o direito de uso da marca de conformidade do respectivo organismo, bem como do uso do logotipo do Inmetro, indicando a condição de credenciamento. Por outro lado, se o organismo não for credenciado, somente dá direito ao uso da marca de conformidade do organismo certificador. (JOÃO JABBOUR; 2003).

2.2.2 Certificação Compulsória

Segundo o Inmetro, neste caso, é dado a prioridade a aspectos relacionados com a segurança, prevenção de práticas enganosas ao comércio, proteção à vida e a saúde humana, animal e vegetal, com o meio ambiente e temas correlatos. Para tal certificação deve ser executada com base na norma ou regulamento técnico indicado no documento que a criou e complementada por regra específica de certificação.

Assim, para que um produto/serviço seja certificado compulsoriamente no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação (SBC), todas as etapas do processo de implantação do modelo de certificação devem ser atendidas sendo essas: (JOÃO JABBOUR; 2003).

- a) Demanda de certificação;
- b) Estruturação da subcomissão técnica;
- c) Elaboração de regras específicas;
- d) Elaboração da norma ou regulamento técnico;
- e) Credenciamento do organismo de certificação de produto;
- f) Credenciamento dos laboratórios para ensaios;
- g) Treinamento da fiscalização;

h) Emissão da portaria implantando o modelo.

2.3 TANQUES DE ARMAZENAMENTO

Os tanques de armazenamento são estruturas estáticas, objetos da caldeiraria pesada, que estão sujeitos normalmente a pressão atmosférica, e na maioria das vezes, destinados ao armazenamento de substâncias líquidas químicas. Quanto ao tipo, podem ser atmosféricos ou subterrâneo, quanto a sua forma, podem ser cilíndricos, verticais ou horizontais, e, normalmente são construídos com chapas de aço-carbono soldados.

A construção e utilização de tanques de armazenamentos de maneira indiscriminada, e sem o devido acompanhamento técnico especializado, propiciaram, e ainda propiciam acidentes desde baixo a alto impacto, como por exemplo, no caso do acidente em um tanque de armazenamento aéreo ocorrido em Boston no dia 15 de janeiro de 1919, quando colapsou repentinamente após ter sua capacidade de 2,3 milhões de galões americanos, em torno de 8.700.000L de melaço líquido ter sido envasado. Tal colapso produziu uma onda de fluido viscoso que levou a óbito 21 bombeiros e estivadores que estavam no entorno, além da destruição de prédios, de uma linha férrea.

Quanto aos tanques de armazenamento subterrâneos, a preocupação da utilização desses se dá pela possibilidade da contaminação das águas subterrâneas, principalmente, além do solo, e vegetais (CARVALHO AZEVEDO, 2017; CORSEUIL, et. al. 1997; ASSIS CARNEIRO et. al., 2020). NADIM *et al.* (2000) destacavam a necessidade da prevenção de vazamentos e derramamentos oriundos de tanques de armazenamentos subterrâneos contra poluentes nocivos. Essa preocupação ainda se faz presente, é crescente no Brasil e mais antiga nos Estados Unidos e na Europa.

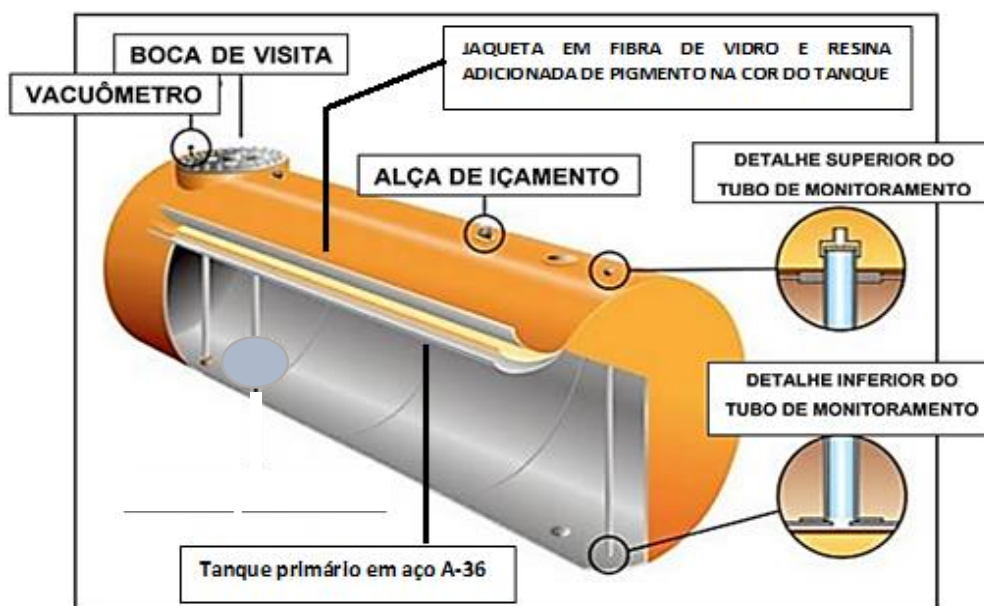
No Brasil, por exemplo, existem aproximadamente 42 mil postos de combustíveis, sendo que a maioria foi construída na década de 70, isto é, considerando que a vida útil seja de 25 anos, no caso de tanques de armazenamentos subterrâneos, supõe-se que a maioria estejam comprometidos, e segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), os postos de combustíveis respondem por 63% das áreas contaminadas em São Paulo (<http://www.analiticaambiental.com.br/noticias/item/216-postos-de-combustiveis->

[contaminacao-de-aqueferos-e-solos-por-vazamento-em-tanques](#)).

No Piauí, segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), existem 1035 postos revendedores ativos, já para a cidade de Teresina-PI, esse número é de 193 postos ativos e autorizados para operação até o mês de junho de 2021.

Os tanques de armazenamento de combustíveis podem ser classificados em dois tipos: tanques de armazenamento metálicos jaquetados subterrâneo, segundo a NRB 16161/2019, e tanques de armazenamento aéreos de aço carbono, segundo a NBR 15461/2007, sendo foco do presente trabalho o primeiro tipo, em decorrência de ser o modelo mais vendido pela empresa, no qual, está ilustrado na Figura 1 abaixo.

Figura 1 — Tanque metálico jaquetado subterrâneo



Fonte: CETESB, (2021). Adaptado pelo autor.

A construção dos tanques metálicos jaquetados subterrâneo é composta das seguintes partes: Boca de visita, Tubo de monitoramento, Vacuômetro, Alça de içamento e acessórios, dos quais serão apresentados abaixo.

- A) Boca de visita: Todos os tanques devem ter pelo menos uma boca de visita, e esta é encontrada na geratriz superior do costado, local por onde é realizada a carga e descarga dos combustíveis no tanque. A boca de visita deve possuir 24 prisioneiros ou parafusos externos, com diâmetro de 12,7 mm, posicionados em uma circunferência de 813 mm de diâmetro para fixação do “*sump* de

tanque”.

- B) Tubo de monitoramento: O tubo de monitoramento intersticial deve ser, obrigatoriamente, instalado em todos os tanques fabricados, é uma peça única, que deve assegurar comunicação na geratriz inferior do tanque. É o responsável por manter vácuo no interstício. O tanque deve ser fornecido com vácuo no interstício, monitorado por meio de vacuômetro montado na conexão de ensaio de interstício.
- C) Vacuômetro: O vacuômetro é um instrumento destinado a medir pressões muito baixas, próximas da ausência completa de ar ou de qualquer gás, ou seja do vácuo. O tanque deve ser fornecido com vácuo no interstício, monitorado por meio de vacuômetro montado na conexão de ensaio de interstício.
- D) Alça de içamento: Devem ser instaladas duas alças de içamento por tanque. Elas soldadas na geratriz superior do tanque e dimensionadas conforme a capacidade do tanque.

Os tanques podem ainda ser classificados conforme seu volume nominal, segundo a ABNT NBR 16161, Emenda 1, de 31/08/2020, conforme Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Capacidade e dimensões de tanque de armazenamento de combustível

Capacidade Nominal L	Compartimento do Tanque L
3000	Pleno
5000	Pleno
10 000	Pleno
15 000	Pleno
15 000	Pleno
20 000	Pleno
20 000	Bipartido (10 000 x 10 000)
30 000	Pleno
30 000	Bipartido (15 000 x 15 000)
30 000	Bipartido (10 000 x 20 000)
60 000	Pleno
60 000	Bipartido (30 000 x 30 000)
60 000	Tripartido (20 000 x 20 000 x 20 000)
60 000	Quadripartido (15 000 x 15 000 x 15 000 x 15 000)

Fonte: ABNT NRB 16161, (2019). Adaptado pelo autor.

Como já citado, toda confecção do tanque envolve o processo de soldagem, assim, se reforça a importância de ter o procedimento e os profissionais certificados. No item a seguir será apresentado os procedimentos para qualificação de soldagem e dos soldadores.

2.4 QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM E DOS SOLDADORES

Wainer *et al.* (2015) definem a soldagem como o processo de união entre duas partes metálicas, usando uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão, porém a American Welding Society (AWS, 1991) define-se soldagem como a operação de uma maneira mais ampla.

“Soldagem é a operação que visa obter a coalescência localizada produzida pelo aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem aplicação de pressão e de metal de adição.”

Devido a soldagem envolver as etapas de aquecimento, fusão, solidificação e resfriamento tais fenômenos podem causar alterações localizadas na estrutura final da junta soldada, e consequentemente afetar as propriedades do material. Segundo Veiga (2011), tais alterações podem comprometer o desempenho em serviço do material e/ou componente sendo assim minimizadas pela correta seleção do processo de soldagem, adequação das variáveis de soldagem e conhecer a composição química do material/componente a ser soldado para que as alterações estruturais sejam as mínimas possíveis.

Wainer *et al.* (2015) afirma que quanto ao processo de soldagem, esse deve preencher os seguintes requisitos:

- a) Gerar uma quantidade de energia capaz de unir dois materiais similares ou não;
- b) Remover as contaminações das superfícies a serem unidas;
- c) Evitar que o ar atmosférico contamine a região durante a soldagem;
- d) Propicie o controle da transformação de fase, para que a solda alcance as propriedades desejadas, sejam essas físicas, químicas ou mecânicas.

Assim, a determinação do processo de soldagem, bem como dos seus parâmetros de soldagem é fundamental para que se tenha uma solda de boa qualidade, isto é, que realmente proporcione uma união de materiais mantendo sua integridade estrutural.

A American Society of Mechanical Engineers (ASME), criada em 1880 nos Estados Unidos devido ao aumento expressivo da mecanização, da industrialização como também da expansão das indústrias no mundo, e em consequência disso inúmeros incidentes causando a morte e a incapacidade de milhões de pessoas, geraram um código, que normatiza construção, inspeção e testes em equipamentos,

está dividida em 12 seções dos quais, a Seção IX trata exclusivamente sobre Qualificações de Soldagem e Brasagem. (<https://xhmarbethlehem.com.br/blog/asme-conheca-sua-historia-e-as-principais-normas/>). Visitado em 31/05/2021, às 15h04min)

Para soldagem de estruturas metálicas a norma de projeto principal é a AWS D1.1. Essa norma é um código que estabelece os requisitos aplicáveis a estruturas de aço. Esta apresenta os requisitos gerais e específicos referentes ao projeto, a fabricação e a inspeção de estruturas metálicas, como:

- a) Procedimento de soldagem;
- b) Qualificação de Soldadores e Operadores;
- c) Qualificação de Ponteadores;
- d) Tratamento térmico; e
- e) Ensaio Não destrutivo.

A norma AWS permite a utilização em determinadas especificações de aços largamente utilizados em construções de estruturas, procedimentos de soldagem pré-qualificados, como também para certos tipos de juntas, onde os detalhes sejam fornecidos nessa norma, sem a necessidade de qualificação de procedimento.

2.4.1. Documentos Técnicos de Soldagem

São registros previstos nos códigos que têm como finalidade prover informações para execução de soldas de acordo com as normas técnicas devidamente aprovadas utilizando pessoal qualificado.

2.4.1.1 Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS)

Esse é um documento conhecido também como Especificação de Soldagem ou Procedimento de Soldagem da Executante. Neste é registrado todo o procedimento de soldagem qualificado que serve de informações quanto a técnica de soldagem a ser utilizada para execução das soldas atendendo aos requisitos do Código de Qualificação.

Nesse documento deve conter as variáveis, e quando necessário, as variáveis essenciais suplementares para processo de soldagem utilizado na EPS, que deve estar fundamentada por um ou mais Registros de Qualificação de Procedimento de Soldagem que será apresentado no decorrer desse trabalho. Outra informação

importante, é que a EPSs podem ser revisadas ou refeitas, desde que os dados alterados ou introduzidos sejam suportados pelas variáveis essenciais ou variáveis essenciais suplementares.

2.4.1.2 Conteúdo da EPS

As EPS devem ser numeradas e indicara norma a qual estar respaldada, como também devem indicar o número do RQPS que foi utilizada para a sua qualificação. Devem especificar o processo de soldagem utilizado. Caso sejam utilizados mais de um processo de soldagem também devem indicar, por exemplo: Passe de raiz – Processo de Soldagem MIG e Soldagem com Eletrodo Revestido para Soldagem de preenchimento. Outra informação que deve conter é quanto a geometria e o tipo de junta, suas tolerâncias dimensionais de preparação, bem como o seu croqui.

2.4.1.3 Registro de Qualificação de Procedimento de Soldagem (RQPS)

O RQPS é documento onde são registrados os dados utilizados para realização da solda dos corpos de prova, seja esse tubo ou chapa, tanto as variáveis essenciais e, quando necessário as variáveis essenciais suplementares. Deve conter os resultados dos testes executados para a qualificação do procedimento. O RQPS não pode ser revisado, salvo alterações editoriais ou alterações do código quanto a dados registrados no documento. Quando necessário quaisquer alterações é necessário novo teste de qualificação.

2.4.1.4 Conteúdo do RQPS

Os RQPS devem ser numerados e indicar a norma que os fundamenta. Devem indicar também o nº da EPS que foi utilizada para qualifica-los. Devem indicar o(s) processo(s) de Soldagem que foram utilizados na EPS. Deve também indicar o tipo de material e junta que foi soldada e as dimensões da chapa de teste, a sequência de soldagem e o croqui da junta.

2.4.1.5 Registro de Qualificação de Soldador (RQS)

O RQS é um documento que atesta a habilidade do soldador em executar soldas de acordo com o EPS devidamente qualificada. Nesse documento são anotadas as variáveis essenciais utilizadas pelo soldador na execução de uma chapa

ou tubo teste, bem como as faixas de qualificação do mesmo e os resultados dos testes executados.

2.4.1.6 Conteúdo do RQS

Os RQS devem ser numerados, nesse documento também devem indicar a norma que os suporta, e, para cada teste de qualificação do soldador deve ser emitido um RQS.

2.4.2 Principais Variáveis para Qualificação de EPS/RQPS

- a) Processo: Indicar o(s) processo(s) utilizado(s) na qualificação do procedimento.
- b) Metal de Base: Deve ser especificado o material de base utilizado para execução da qualificação, tais como: espessura, P. N° e Grau.
- c) Valores Usados: Nesse item devem ser indicados os parâmetros ou condições utilizadas pelo processo, quando aplicáveis. Os seguintes devem ser relacionados:
 - ✓ Cobre-junta: Indicar se houve ou não a utilização da cobre-junta. A solda realizada pelos dois lados é considerada com cobre-junta;
 - ✓ P. N°: Indicar qual a classificação P. N° dos materiais soldados;
 - ✓ Metal de adição: Indicar qual a especificação AWS e classificação do consumível utilizado, caso não pertença a alguma especificação AWS, indicar a sua marca comercial;
 - ✓ Posição de soldagem: Indicar a posição em que foi realizada a soldagem na qualificação;
 - ✓ Progressão: Utilizar, se o teste for executado na posição vertical (3G ou 3F), pode ser ascendente ou descendente;
 - ✓ Corrente e polaridade: Essa variável se aplica somente ao processo TIG, pode ser: Corrente Alternada (CA), Corrente Contínua Eletrodo Positivo (CCEP) (CC+), Corrente contínua Eletrodo Negativo (CCEN) (CC-);
 - ✓ Material Utilizado: Especificar o material utilizado para o teste, indicando se foi chapa ou tubo, no caso de tubo, indicar, na linha “diâmetros qualificados” o seu diâmetro, se for chapa ou “NA”;

- ✓ Ensaio de Qualificação: Indicar nessa coluna as faixas de qualificação para as diferentes variáveis aplicáveis.
- ❖ ENSAIOS REQUERIDOS PARA CHAPA UTILIZADA EM TANQUE DE ARMAZENAMENTO SUBTERRÂNEO JAQUETADO
 - ✓ Medição de espessura por ultrassom;
 - ✓ Análise química da chapa.
- ❖ ENSAIOS REQUERIDOS PARA SOLDA DE TOPO EM TANQUE DE ARMAZENAMENTO SUBTERRÂNEO JAQUETADO
 - Ensaio Não Destrutivos:
 - ✓ Inspeção Visual;
 - ✓ Líquido Penetrante;
 - ✓ Ultrassom Industrial e/ou Radiografia Industrial.
 - Ensaio Destrutivos:
 - ✓ Ensaio de Dobramento;
 - ✓ Ensaio de Tração;
 - ✓ Análise química da solda.
- ❖ ENSAIOS REQUERIDOS JAQUETA DO TANQUE DE ARMAZENAMENTO SUBTERRÂNEO JAQUETADO
 - ✓ Ensaio de dureza;
 - ✓ Espessura da Jaqueta;
 - ✓ Ensaio de Impacto.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho de Conclusão de Curso foi desenvolvido em nível teórico-experimental visando implantar os procedimentos de certificação interna, visto que foi detectado essa necessidade durante o desenvolvimento do estágio supervisionado, em uma indústria de fabricação de tanques de armazenamento subterrâneo.

Assim, toda a metodologia aqui apresentada visa levantar informações para elaboração dos Procedimentos de Certificação Interna dos Processo de Soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido (SAER), do Processo de Soldagem ao Arco Elétrico com Atmosfera com Proteção Gasosa (MIG/MAG) e Registro de Certificação Interna para Qualificação de Soldadores, em número de 04 (quatro) Soldadores, em ambos os Processos de Soldagem.

3.1 QUALIFICAÇÃO DOS SOLDADORES E DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM

3.1.1 Metal de Base

Para os corpos de prova utilizados tanto na Qualificação do Procedimento de Soldagem, quanto dos Soldadores, os procedimentos foram realizados em chapas de aço ASTM A-36, de espessura de 6,35 mm com as dimensões de 300 x 300 mm. Para tanto foi utilizado o Código ASME Seção IX, como documento orientativo e adequado pela autora para a NBR 16161/2019.

Para conhecimento, o código ASME agrupa os metais de base para qualificação e, de acordo com o ASME, o aço ASTM A-36 se correlaciona com o agrupamento nº1 e P. nº 1, como apresentado na Tabela 2. Segundo a ASME S. IX, a utilização do metal de base P. nº1, no caso aço ASTM A-36, qualifica a utilização de metais de base P. nº de 1 até 15F, 34 e de 41 até 49, de acordo com a faixa de substituição de metal de base, apresentado na Tabela 3.

Os corpos de prova serão submetidos aos ensaios de tração e dobramento, e, aos ensaios não destrutivos de Inspeção Visual, Líquido Penetrante e Radiografia Industrial conforme prever a Norma ABNT NBR 9797/1987 e ABNT NBR 16161/2019. Os mesmos serão retirados conforme mostra a Figura 2, na qual a parte hachurada indica que são as partes descartadas após o corte.

Tabela 2 – Agrupamento de Metais de Base

Agrupamento dos Metais de Base para Qualificação								
Ferroso								
Especificação Nº	Grau	Tensão Mínima Especificada ksi (MPa)	Soldagem		Brasagem P-Nº	ISO 15608 Grupo	Composição nominal	Forma do produto
			Nº. P	Nº. G				
SA-36	...	58 (400)	1	1	101	11.1	C-Mn-Si	Chapas, Barras & Formas

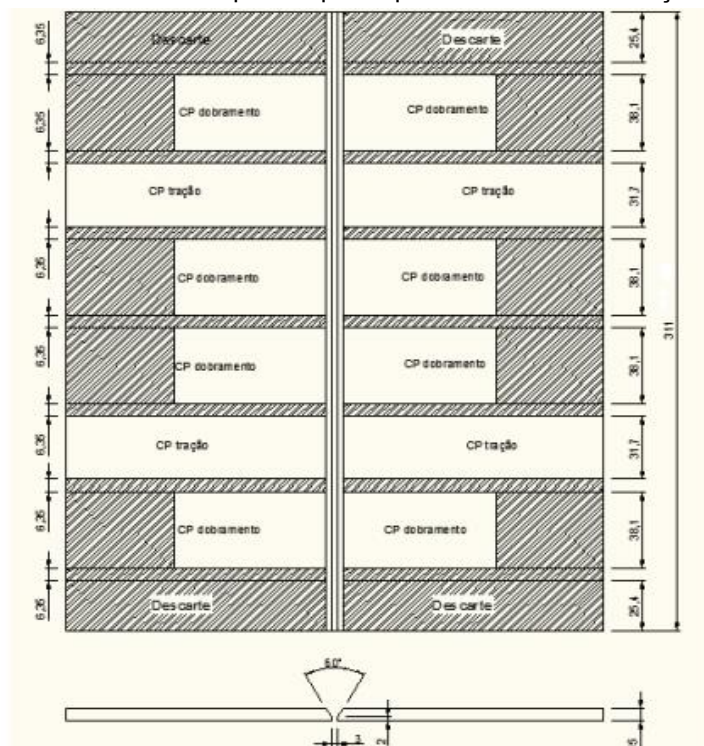
Fonte: ASME S. IX, (2010). Adaptada pela autora.

Tabela 3 – Metais de Base alternativos permitidos

Materiais de Base Alternativos para a Qualificação de Soldadores	
Metais de base para a qualificação de Soldador	Metais de base qualificados
P-Nº.1 a P-Nº. 15F, P-Nº.34, e P-Nº. 41 a P-Nº. 49	P-Nº.1 a P-Nº. 15F P-Nº.34, e P-Nº. 41 a P-Nº. 49

Fonte: ASME S. IX, (2010). Adaptada pela autora.

Figura 2 — Ilustração da retirada dos corpos de prova para os ensaios de tração e dobramento.

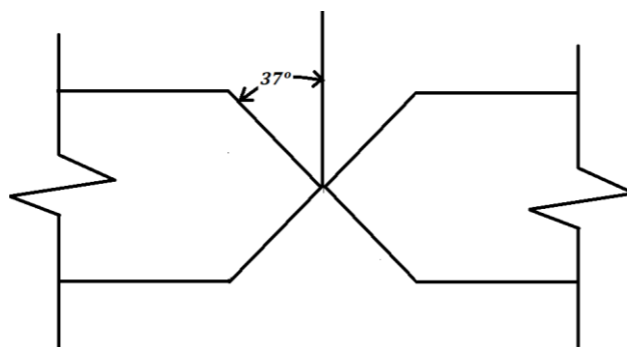


Fonte: ASME S. IX, (2010).

A geometria do chanfro da junta a ser soldada no procedimento de soldagem,

seguirá as orientações do Código ASME S. IX. Sendo escolhida a geometria do chanfro do tipo Duplo “V”, assim como se observa a Figura 3, pois são realizadas uma solda interna e uma solda externa, a qual a referida geometria favorece a maior penetração entre os cordões.

Figura 3 — Ilustração dos limites utilizados na geometria do chanfro da junta a ser soldada.



Fonte: ASME S. IX, (2010).

3.1.2 Metais de Adição para Soldagem MIG/MAG e Soldagem Eletrodo Revestido

As amostras serão confeccionadas com dois tipos de procedimento de soldagem, conforme é realizado nos tanques da fábrica, internamente com o Processo de Soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido e externamente com o Processo de Soldagem ao Arco Elétrico com Atmosfera de Proteção Gasosa MIG/MAG.

Serão utilizados para o teste de qualificação do procedimento de soldagem, quanto dos soldadores, o arame de soldagem comercial WestArco ER70S-6, com 1,2 mm, (classificação AWS, Arame MIG/MAG Aço Carbono AWS A5.18 ER70S-6), isso para o processo de soldagem MIG/MAG e o eletrodo revestido E6010, com 4 mm, (Classificação AWS/ASME SFA 5.1 E6010), conforme e apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação AWS e especificação ASME S IX, Eletrodos e Arames.

Agrupamento de Eletrodos, Varetas e Arames de Soldagem para Qualificação Nº F.		
NºF	Especificação ASME	Classificação AWS
3	SFA-5.1	EXX10
6	SFA-5.18	Todas as classificações

Fonte: ASME S. IX, (2010). Adaptado pela autora.

As faixas de valores dos limites de resistência do eletrodo revestido e do arame para MIG/MAG são informações oriundas do catálogo do próprio fabricante. Em QW-433, apresentado na Tabela 5 são mostradas as faixas de qualificação de ambos, para o uso de soldador qualificado, de acordo com o eletrodo ou arame que o mesmo utilizou no teste de qualificação.

Tabela 5 – Insumos de soldagem utilizados no Registro de Qualificação do Procedimento de Soldagem (RQPS)

Passe	Classificação AWS	Diâmetro (mm)	Especificação ASME	F-nº	Marca Comercial / Fabricante	Limite de Resistência (MPa)
Raiz Interno	E-6010	4	SFA-5.1	3	OK22.45P/ESAB	490 a 520
Raiz externo	ER70S-6	1,2	SFA-5.18	6	Weld West Arco S6	560

Fonte: ASME S. IX, (2010). Adaptado pela autora.

3.1.3 Parâmetros de Soldagem para os Processos de Soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido (SAER) e Soldagem ao Arco Elétrico com Atmosfera de Proteção Gasosa (MIG/MAG)

Os parâmetros de soldagem utilizados nesse trabalho são os parâmetros utilizados pelos soldadores do fabricante dos tanques de combustíveis jaquetados subterrâneos, que por acaso são os mesmos disponibilizados pelos fabricantes dos consumíveis. Os valores estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros de Soldagem para os processos SAER e MIG/MAG

Processo de Soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido E6010 com diâmetro de 4 mm	
Variáveis	Valores
Corrente de Soldagem (A)	100 – 180 (150)
Tensão de Soldagem (V)	23 – 28 (24-26)
Tipo de Corrente	CC+
Tipo de cordão de solda	Solda de topo
Tipo de Chanfro	Duplo V (37°)
Tipo de revestimento	Celulósico
Processo de Soldagem ao Arco Elétrico com Atmosfera de Proteção Gasosa ER70S-6 com diâmetro de 1,2 mm	
Variáveis	Valores
Corrente de Soldagem (A)	120 – 380 (220)
Tensão de Soldagem (V)	18 – 34 (26 – 30)
Tipo de Corrente	CC+
Tipo de cordão de solda	Solda de topo
Tipo de Chanfro	Duplo V (37°)
Gás de Proteção	Ar + 20%CO ₂
Vazão do Gás	16 – 22l/mm (15l/min)
Velocidade de alimentação do arame	5m/min
Direção de soldagem	Puxando o cordão
Ângulo da tocha	70°
Formato do cordão	Oscilante
Stick-out	15-20mm
Ajuste do bico de contato e o bocal	~2mm

Fonte: Autora.

3.2 AMOSTRAS PARA CERTIFICAÇÃO DAS SOLDAS NOS TANQUES

De acordo com a NBR 16161/2019, nas inspeções das juntas de soldas, o fabricante deve realizar os ensaios conforme os métodos do código ASME Seção V e os critérios de aceitação conforme ASME seção VIII, divisão 1, UW 52, apêndice 8 ou 12, conforme a seguir.

- Visual, 100 % em todas as juntas de soldas internas e externas do tanque; critérios de aceitação conforme ASME Seção VIII, divisão 1;
- ensaio com líquido penetrante na junta de solda acabada, pelo lado externo, em 100 % das soldas das conexões instaladas na geratriz superior do tanque; em caso de defeito, o tanque deve ser reparado e reinspecionado;

Na confecção do corpo de prova para os ensaios de qualificação das soldas nos tanques, seguiu-se as exigências da NBR 16161/2019, no qual, foi cortada chapas

nas dimensões de 300 mm por 300 mm, retirado do disco resultante do corte para montar a boca de visita, como pode ser observado na Figura 4 abaixo.

Figura 4 — Corpo de prova de acordo com ABNT NBR 16161/2019.



Fonte: Autora

Pela norma a periodicidade dos ensaios deve ser de um corpo de prova a cada 100 tanques produzidos ou no mínimo um por mês, o que ocorrer primeiro. Como a quantidade de tanques produzidos na referida fábrica é pequena, os testes foram feitos um a cada mês, para cada soldador.

3.3 ENSAIOS REALIZADOS PARA QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM E DO SOLDADOR

Todos os ensaios dos corpos de prova devem ser realizados segundo o subitem 6.1.2.4.2., da Portaria N° 185, de 04 de dezembro de 2003, do INMETRO, na qual, afirma que os ensaios de tração e dobramento transversal, radiografia industrial na junta soldada, ensaio de tração e análise química no material de base serão somente realizados em laboratórios conforme os critérios estabelecidos na NIT-DICOR-021. A referida empresa envia mensalmente um corpo de prova, elaborado por um soldador diferente do mês anterior, a um laboratório em São Paulo, acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (CGCRE), estando em concordância com o exigido na citada portaria.

3.3.1 Treinamento Teórico-Prático sobre os Processos de Soldagem SAER e MIG/MAG

Após a verificação de que alguns os corpos provas analisados foram reprovados, e como explicado anteriormente têm consequências significativas tanto de ordem econômica, quanto de atraso na produção, pois trata da condenação dos tanques já fabricados, e até entregues aos clientes. Além disso, a reprovação de corpos de provas resulta em não conformidade, que pode comprometer a licença de fabricação da empresa.

Assim, para implantação da Certificação Interna referentes aos Processos de Soldagem, como também dos Soldadores foi realizada palestras e minicursos sobre atualização acerca dos processos de soldagem, técnicas de soldagem e principalmente, destacando os defeitos de soldagem, haja vista que, alguns dos colaboradores estavam desatualizados ou desconheciam os parâmetros corretos de soldagem.

Frente a isso foi ministrado um minicurso, em novembro de 2020, abordando os procedimentos de soldagem e os principais defeitos encontrados nas soldas feitas por eles, sendo elaborado uma apresentação, por meio de slides, e apostila com o seguinte descritivo ementário:

- Conceito de Solda;
- Conceito de Descontinuidades e Defeitos;
- Ilustração dos principais defeitos encontrados;
- Causas e possíveis soluções para os principais defeitos em ambos os processos de solda;
- Posição de soldagem;
- Limpeza da área a ser trabalhada e dos equipamentos;
- Armazenamento dos insumos;
- Bico de contato e Bocal de solda;
- Parâmetros de Soldagem para MIG/MAG;
- Parâmetros de Soldagem para Eletrodo revestido;
- Segurança do trabalho e a importância dos EPI's;
- O que é Certificação Interna;
- Ensaio Necessários;
- Parâmetros de realização dos ensaios;

- Periodicidade dos ensaios.

Houve desde então o acompanhamento direto na planta de fabricação, todo o controle desde o momento das realizações das soldas na construção dos tanques por meio dos ensaios que serão apresentados nos demais itens, como a preparação dos soldadores para execução dos corpos de prova conforme previsto na NBR 16161/2019, com isso evitando as reprovações e, consequentemente o descarte dos tanques em construção ou já construídos. A Figura 5 apresenta a autora ministrando um dos minicursos de atualização aos colaboradores.

Figura 5 — Atualização e preparação para Certificação Interna



Fonte: Autora

3.4 ENSAIOS MECÂNICOS

Cada material possui características próprias, como por exemplo, dureza, fragilidade, resistência, impermeabilidade, elasticidade, condução de calor. E cada característica é pertinente as propriedades do material, que por sua vez esta se correlaciona com a natureza das ligações que existem entre os átomos, seja metálico ou não metálico.

De acordo com Garcia (2000), essas propriedades podem ser reunidas em dois grupos: propriedades físicas e propriedades químicas. As propriedades físicas determinam o comportamento do material em todas as circunstâncias do processo de fabricação e de utilização, e são divididas em propriedades mecânicas, propriedades térmicas e propriedades elétricas.

As propriedades mecânicas aparecem quando o material está sujeito a esforços de natureza mecânica. Isso quer dizer que essas propriedades determinam a maior ou menor capacidade que o material tem para transmitir ou resistir aos esforços que lhe são aplicados. Essa capacidade é necessária não só durante o processo de fabricação, mas também durante sua utilização.

Do ponto de vista da indústria mecânica, esse conjunto de propriedades é considerado o mais importante para a escolha de uma matéria-prima. E esta é uma das atribuições do engenheiro, deste modo, ressalta-se a importância da compreensão das várias propriedades mecânicas dos materiais e o que elas representam.

Os ensaios dos materiais podem ser classificados quanto à integridade geométrica e dimensional da peça ou componente ou quanto à velocidade de aplicação da carga. No presente trabalho daremos ênfase nos ensaios quanto a sua integridade geométrica e dimensional.

- ❖ Quanto à integridade geométrica e dimensional da peça ou componente os ensaios podem ser de dois tipos:

- Destrutivos: quando após executados provocam a inutilização parcial ou total das peças (tração, dureza, fadiga etc.);

- Não-destrutivos: quando após executados não comprometem a integridade da peça (raios X, ultrassom etc.).

- ❖ Quanto à velocidade de aplicação da carga, os ensaios podem ser:

- Estáticos: quando a carga é aplicada de maneira suficientemente lenta, induzindo a uma sucessão de estados de equilíbrio, caracterizando um processo quase-estático. Nessa categoria têm-se os ensaios tração, compressão, flexão, torção e dureza.

- Dinâmicos: quando a carga é aplicada rapidamente ou ciclicamente. Nesse

têm-se os ensaios de fadiga e de impacto.

- Carga constante: quando a carga é aplicada durante um longo período, que é o caso do ensaio de fluência.

Assim, os ensaios dos materiais objetivam verificar a conduta dos componentes ou materiais sujeitos a esforços específicos e os limites físicos desses tipos de esforços nas estruturas e na estabilidade, além de determinar as características mecânicas inerentes a tais componentes ou ao material envolvido. Neste trabalho serão abordados os Ensaios Destrutivos e Não-Destrutivos, conforme exigido na norma ABNT NBR 16161/2019 e realizado segundo ABNT NBR 9797/1987.

3.4.1 Ensaios Não-Destrutivos

Conforme o British Institute of Non-Destructive Testing (BINDT), esses ensaios são utilizados para detectar e avaliar falhas nos materiais. Geralmente, são caracterizadas por trincas, inclusões de materiais no cordão de solda ou ainda variações nas propriedades estruturais, que podem levar à perda da resistência e posteriormente à falha do material. São usados para inspeção e para o monitoramento das condições de operação das máquinas. A grande vantagem é o não descarte do material ou estrutura sob teste.

Os Ensaios Não-Destrutivos que foram realizados na empresa, conforme exigido pela ABNT NBR 16161/2019, são:

- Inspeção Visual;
- Líquido Penetrante;
- Metalografia e
- Radiografia Industrial.

3.4.1.1 Ensaio de Inspeção Visual

Este ensaio é uma das mais antigas atividades nos setores industriais, e o primeiro Ensaio Não-Destrutivo aplicado em qualquer tipo de peça ou componente, estando associado a outros ensaios de materiais. É uma técnica simples para detectar não somente falhas na superfície ou distorções na estrutura, mas também o grau de acabamento e de formato de uma peça.

O resultado depende das condições de acesso ao local, do ambiente (iluminação) e, principalmente, da capacidade e da experiência da pessoa responsável. Por isso é importante que o inspetor que realizar esse tipo de inspeção tenha um bom treinamento, com um conhecimento claro das exigências mecânicas da peça analisada.

Para realização deste ensaio foi realizada as seguintes etapas, em conformidade com a norma da Petrobras N-1597/2011:

- Limpeza do local da solda com escova rotativa para remoção de respingos e saliências decorrentes do procedimento de soldagem;
- Em seguida foi utilizado álcool isopropílico na concentração de 70% para remoção de pequenas partículas;
- Secagem da área utilizando soprador de ar;
- Foi utilizada uma Lanterna de Inspeção Profissional Philips de 1000 Lux Recarregável, na área a ser analisada;
- Verificação dimensional utilizando paquímetro universal para medição da espessura dos cordões de soldas;
- Verificação dimensional utilizando micrômetro para medição das porosidades superficiais, mordeduras e rechupes encontrados nas soldas.

3.4.1.2 Ensaio de Líquido Penetrante

Segundo Zolin (2011), o ensaio por líquido penetrante surgiu na indústria ferroviária, onde era utilizado quando o ensaio visual não era suficiente para detectar as falhas. De acordo com Andreucci (2018), o ensaio presta-se a detectar descontinuidades superficiais e que sejam abertas na superfície, tais como trincas, poros, dobras etc.

Podendo ser aplicado em todos os materiais sólidos e que não sejam porosos ou com superfície muito grosseira. É muito usado em materiais não magnéticos como alumínio, magnésio, aços inoxidáveis austeníticos, ligas de titânio, e zircônio, além dos materiais magnéticos. É também aplicado em cerâmica vitrificada, vidro e plásticos.

Podemos descrever o ensaio realizado através das 6 etapas a seguir, em

conformidade com o indicado pelo fabricante e o material de Andreucci (2018):

- Preparação da superfície: a superfície foi limpa e seca por 5 minutos, removendo carepas, ferrugem e excesso de rugosidades;
- Em seguida foi aplicado o Líquido Penetrante da marca Carbografite, Tipo II – LP Colorido, utilizando a técnica A, cobrindo 100% da junta soldada, mais 25 mm adjacente a cada lado;
- Pulverizando a 25 cm de distância da superfície e deixado na superfície por cerca de 25 minutos;
- Em seguida foi aplicado o Removedor da marca Carbografite e feito a secagem com soprador por cerca de 10 minutos;
- Por fim, foi aplicado o Revelador da marca Carbografite, é um filme uniforme aplicado sobre a superfície. O revelador age absorvendo o penetrante das descontinuidades e revelando-as. Foi previsto um tempo de 10 minutos para revelação e assim o sucesso do ensaio.

3.4.1.3 Ensaio de Metalografia

O ensaio metalográfico é utilizado para a análise das características de estrutura ou constituição dos elementos de metal e as suas ligas com o objetivo de fazer a conexão com suas propriedades químicas, mecânicas e físicas. Podendo também ser nomeada em micrografia, nesse caso o ensaio metalográfico é definido pela matriz da menor estrutura, pela quantidade de nódulos de grafita em ferro que já obteve a sua fusão, pela sua participação no meio de ligas de metal de ferro e carbono, pela divisão de grafitas em liga de carbono, pela dimensão das granulações, pela quantidade de etapas, pelo seu visual homogêneo, em questão de presença de poros, classificações e nos demais critérios.

No presente trabalho o referido ensaio foi realizado no Laboratório de Metalografia, situado no Laboratório de Engenharia de Materiais do IFPI, ressaltando que todo o ensaio foi orientado pela norma ABNT NBR 13284:1995. O ensaio visa observar as microestruturas encontradas nos corpos de prova e compara-las com a literatura, servindo com mais uma forma de analisar as soldas e assegurar a veracidade dos resultados da certificação interna.

Iniciou-se pela preparação metalográfica com o processo de lixamento,

utilizando uma Politriz, da marca Arotec, modelo Aropol-2V, na velocidade de 600 rpm, com lixas d'água seguindo a seguinte ordem: 200, 320, 400, 600, 1200 e 2000 microns.

Em seguida foi realizado polimento em uma outra politriz da mesma marca e modelo, utilizando alumina, da marca Arotec com granulometria de 0,3 microns e um pano para polimento em veludo flocado. Na etapa seguinte foi realizado ataque químico com Nital na concentração de 5%, permitindo a visualização dos contornos de grão e as diferentes fases na microestrutura, sendo estas observadas em microscopia óptico e realizada a captura das imagens.

Para observar as microestruturas foi utilizado um microscópio óptico, da marca Olympus, modelo CX31, utilizando as lentes com aumento de 40x e 100x.

3.4.1.4 Ensaio de Radiografia Industrial

A Radiologia Industrial trata-se de um teste que promove a não destruição do material ensaiado, e que se baseia na absorção diferenciada da radiação penetrante na peça inspecionada. Permite o registro permanente do ensaio realizado, uma vez que no filme permanecem todas as evidências da inspeção de maneira objetiva e incontestável, em relação a outros ensaios que são avaliados de modo subjetivo pelo inspetor.

Este ensaio foi realizado pelo Laboratório Tork, orientado pela norma ABNT NBR 16161/2019. Foram utilizados os parâmetros conforma Tabela 7, abaixo:

Tabela 7: Parâmetros utilizados no ensaio de radiografia industrial

Tipo de radiação	Raios Gama
Potência kV ou Atividade	24,0 Ci
Dimensão efetiva do foco	3,0 x 3,0 mm
Faixa de Densidade	2,0 ~ 3,5 HD
Distância Fonte-Objeto	700 mm
Distância da superfície do objeto do lado da fonte até o filme	9,35 mm
Tempo	5'
Temperatura	20°

Filmes	4.1/2"x17" 3.1/2"x17" = 1 4.1/2"x8.1/2" 3.1/2"x8.1/2" 14"x17" 14"x8.1/2"
---------------	---

Fonte: Laboratórios Tork, (2020).

3.4.2 Ensaios Destrutivos

Os ensaios destrutivos são os mais utilizados para determinar ou verificar as propriedades dos materiais. São também adequados para medir a capacidade de suportar esforço de uma peça. Necessitam de procedimentos que provocam inutilidade nos materiais ou nos corpos de prova, mesmo que o dano seja pequeno.

Os Ensaios Destrutivos que foram realizados na empresa, conforme exigido pela ABNT NBR 16161/2019, são:

- Tração Transversal;
- Dobramento Transversal.

3.4.2.1 Ensaio de Tração

O ensaio de tração consiste na aplicação de uma força de tração axial num corpo de prova padronizado, promovendo a deformação do material na direção do esforço, que tende a alongá-lo até fraturar. Além disso, através da medição da força e do alongamento a cada instante do ensaio é possível construir um gráfico tensão-deformação, a interpretação correta desse gráfico fornece importantes propriedades mecânicas do material.

Entre essas propriedades, vale ressaltar o módulo elástico, alongamento, tensão de escoamento, limite de resistência à tração e tensão de ruptura, além de possibilitar a comparação entre ductilidade e fragilidade entre os materiais.

O referido ensaio foi realizado pelo Laboratório Tork, com uma máquina universal eletromecânica, que permite realizar diversos tipos de ensaios mecânicos. Para traçar a curva tensão-deformação, a força aplicada foi medida instantaneamente utilizando um dinamômetro, enquanto o alongamento resultado do corpo de prova é

medido através de extensômetros. O controle dos parâmetros e os resultados do ensaio foram realizados por um computador conectado a máquina.

Foram realizados ensaios de tração na junta soldada e no material de base. A norma de referência utilizada foi a ABNT NBR ISO 6892-1, ed. 15 e avaliada conforme os critérios da ABNT NBR 9797 item 6.3.1.2, ed. 87.

No ensaio de tração transversal na junta soldada foram retiradas duas amostras de cada corpo de prova e aplicada uma carga. Já no ensaio de tração no metal de base seguiu-se a norma ASTM A 370, ed. 19.

3.4.2.2 Ensaio de Dobramento

É um ensaio que pode ser considerado mais qualitativo que quantitativo. O ensaio consiste em realizar um dobramento preliminar (a); após, seguem-se dois estágios intermediários (b, c) e, finalmente, o corpo de prova é forçado a um dobramento mais acentuado (d), utilizando um mandril no estágio final.

O dobramento pode ser de dois tipos: livre obtido pela aplicação de força nas extremidades, ou sem guiado em que uma das extremidades é engastada, e o dobramento é efetuado na outra extremidade. A ABNT especifica o ângulo de dobramento α como medida do quanto o corpo de prova girou em relação à sua posição inicial. Atingido o ângulo de dobramento necessário, faz-se uma análise visual na peça, para verificar se a parte que sofreu tração apresenta trincas, fissuras ou rompeu antes de atingir o ângulo especificado, indicando, assim, que o material não atende às condições desejadas.

Este ensaio também foi realizado no Laboratório Tork, seguindo a norma ABNT NBR 6153, ed. 88 e avaliado conforme os critérios da norma ABNT NBR 9797, item 6.3.2.2.1, ed. 87. Foram retiradas duas amostras de um corpo de prova, uma para dobramento de face a outra para dobramento de raiz. O ângulo utilizado foi de 180°, com a distância entre os roletes de 41,1 mm para ambos e um cutelo com 25,4 mm.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão abordados e discutidos os procedimentos para implantação da certificação interna, como também os resultados obtidos dos ensaios não-destrutivos e destrutivos, obtidos a partir dos corpos de provas soldados com os processos de soldagem ao arco elétrico com eletrodo revestido e o processo de soldagem ao arco elétrico com atmosfera com proteção gasosa, para certificação interna dos referidos processos de soldagem, bem como dos soldadores.

4.1. RESULTADO DOS ENSAIOS MECÂNICOS

Visto que os ensaios mecânicos de tração e dobramento transversal devem ser realizados por um laboratório acreditado, os mesmos foram realizados nos Laboratórios TORC, Controle Tecnológico de Materiais Ltda, localizado na cidade de São Paulo – SP, de acordo com a ABNT NBR ISO 6892-1, ed. 15, para realização dos ensaios e conforme a ABNT NBR 9797/1987, item 6.3.1.2, ed. 87, como critério de avaliação.

4.1.1 Ensaio de Tração do Metal de Base

O resultado do ensaio de tração da chapa ASMT A-36, conforme previsto na NBR 9797/1987 e realizado de acordo com a ASTM A370, ed. 19., para validação dos ensaios de tração e dobramento das juntas soldadas está apresentada na Tabela 8. O mesmo foi realizado no Laboratório TORC, Controle Tecnológico de Materiais Ltda e apresentaram resultados em conformidade com o exigido pela normativa.

Tabela 8 - Resultado do ensaio de tração do metal de base.

Metal de base	CP	Dimensões mm	Seção mm ²	Limite de Resistência		Limite mínimo especificado	Alongamento		
				kgf	MPa		Lo mm	%	L mm
	T1	12,51 x 5,96	74,56	2.230	293	480	50	36	67,79

Fonte: Laudo de Ensaio Empresa TORC, Controle Tecnológico de Materiais Ltda, (2020).

4.1.2. Ensaio de Tração da Junta Soldada

Os resultados dos ensaios de tração seguem apresentados na Tabela 9. Foram

realizados no Laboratório da Empresa TORK, Controle Tecnológico de Materiais Ltda, conforme a ABNT NBR ISO 6892-1, ed. 15 e avaliada conforme critérios da ABNT NBR 9797, item 6.3.1.2, ed. 97.

Tabela 9 - Resultados do ensaio de tração nas juntas soldadas dos corpos de prova confeccionados pelos soldadores.

Soldador	CP	Dimensões mm	Seção mm ²	Limite de Resistência		Limite mínimo especificado	Local da ruptura
				kgf	MPa		
1	T1	40,13 X 5,89	236,37	12.000	498	400	Fora da solda
	T2	39,82 X 5,80	230,96	11.800	501	400	Fora da solda
2	T1	40,05 x 6,35	241,50	12.250	497	400	Fora da solda
	T2	39,81 x 5,96	237,27	12.250	504	400	Fora da solda
3	T1	40,20 x 5,97	239,99	11.200	458	400	Fora da solda
	T2	40,05 x 5,95	238,30	11.100	457	400	Fora da solda
4	T1	40,23 X 5,65	227,30	10.850	468	400	Rompeu na solda
	T2	40,19 X 5,82	233,91	11.800	495	400	Rompeu na solda

Fonte: Laudo de Ensaio Empresa TORK, Controle Tecnológico de Materiais Ltda, (2020).

Os corpos de provas soldados foram aprovados, mesmo o que rompeu na solda, pois segundo o Código ASME S. IX, seção QW – 153, que trata dos critérios de aceitação quanto a resistência à tração, item d, diz que o valor de resistência à tração deverá ter um mínimo igual ou superior a 85% da resistência à tração especificada para o metal de base, no caso é de 460 MPa.

4.1.3. Ensaio de Dobramento da Junta Soldada

Os resultados dos ensaios de dobramento seguem apresentados na Tabela 10. E, laudo em anexo:

Tabela 10 – Resultados dos Ensaio de Dobramento Transversal.

Soldador	CP	Dimensões Mm	Cutelo Φ mm²	Distância entre os roletes mm	Ângulo de dobramento graus	Resultados obtidos
1	*DF	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades
	*DR	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades
2	*DF	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades
	*DR	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades
3	*DF	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades
	*DR	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades
4	*DF	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades
	*DR	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades

Fonte: Laudo de Ensaio Empresa TORK, Controle Tecnológico de Materiais Ltda, (2020).

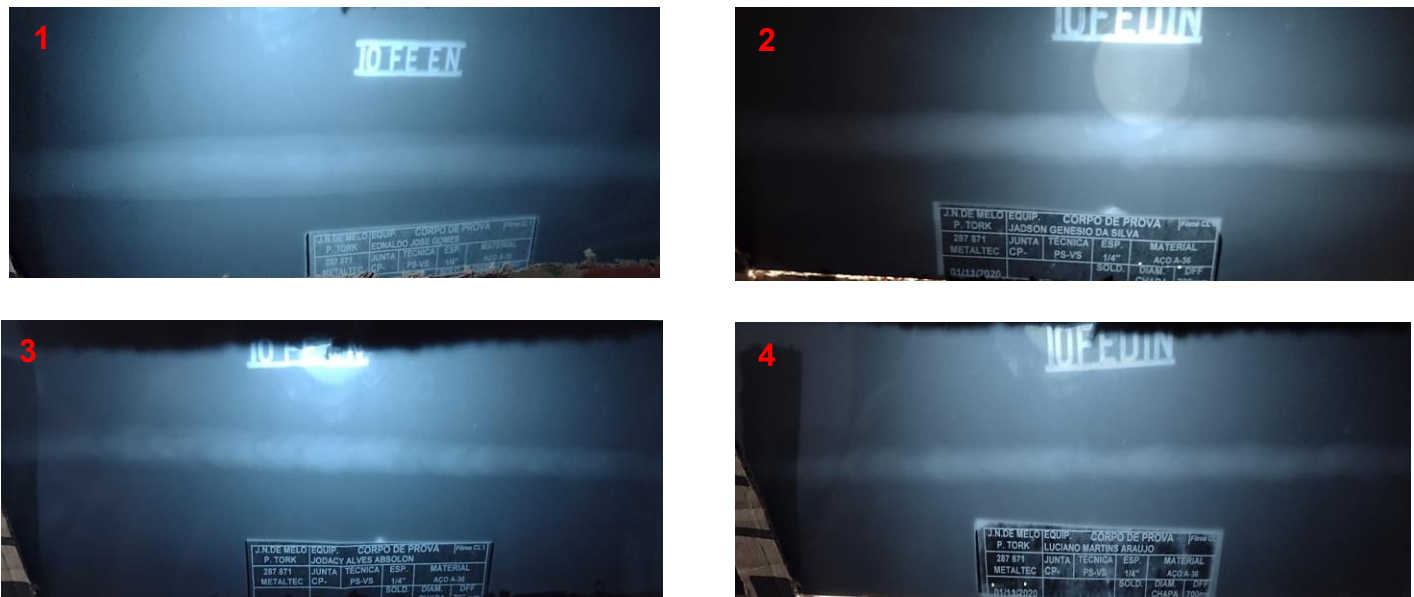
*DF – Dobramento de face e *DR – Dobramento de raiz

Os corpos de provas soldados foram aprovados, segundo o Código ASME S IX, seção QW – 163, que trata dos critérios de aceitação referente aos testes de dobramento., como nenhum dos corpos de prova apresentaram defeitos visíveis na solda, ou na zona afetada termicamente, maiores que 3 mm medidos em qualquer direção na superfície convexa após o dobramento.

4.2. RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL

Os ensaios de Radiografia Industrial foram realizados no Laboratório TORK, Controle Tecnológico de Materiais Ltda, conforme a o código ASME S. IX, QW. 191.2.2 que trata dos critérios de aceitação e QW 191.3 que trata do Registro dos Exames Radiográficos, e previsto pela NBR 16161/2019 tanto para qualificação dos procedimentos de soldagem quanto para qualificação dos soldadores. Na figura 6 abaixo pode-se observar as radiografias dos corpos de prova de dos soldadores 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Todos os corpos de prova foram aprovados. Os laudos estão no Anexos A, B, C e D.

Figura 6 —Filmes radiográficos dos corpos de prova de cada soldador

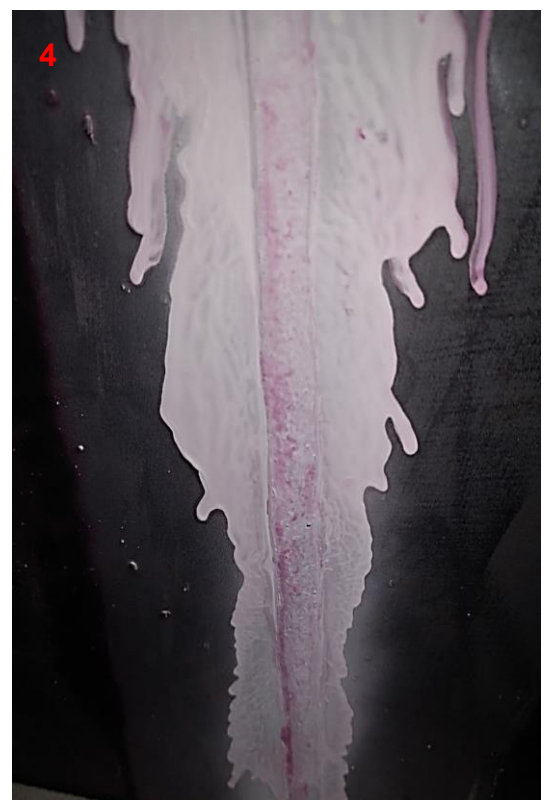
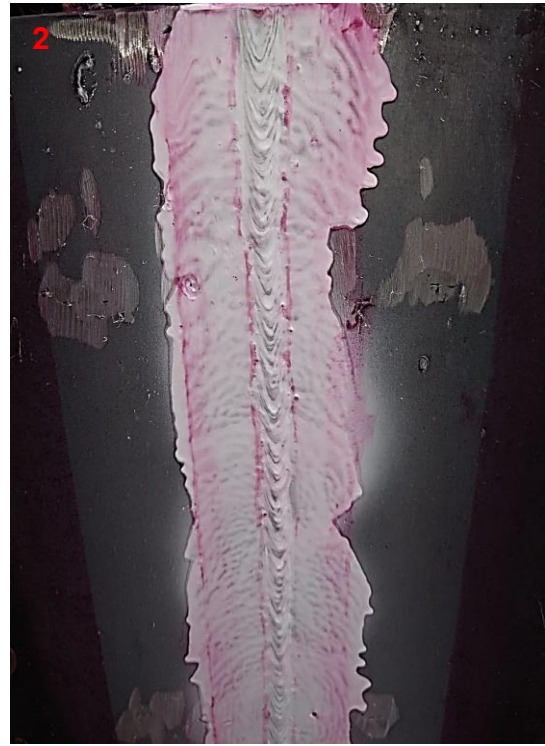


Fonte: Laudo de Ensaio Empresa TORK, Controle Tecnológico de Materiais Ltda, (2020).

4.3. ENSAIO DE LÍQUIDO PENETRANTE

O ensaio de líquido penetrante foi realizado conforme descrito no Capítulo 3 e nos resultados não apresentou nenhum tipo de defeito do tipo falta de fusão ou penetração, ou mordeduras, ou trincas, conforme previsto na NBR 16161/2019 e pode ser observado na Figura 7 os CP's de cada soldador submetido ao ensaio.

Figura 7: Corpos de prova submetidos ao ensaio de líquido penetrante dos soldadores 1, 2, 3 e 4, respectivamente.



Fonte: Autora.

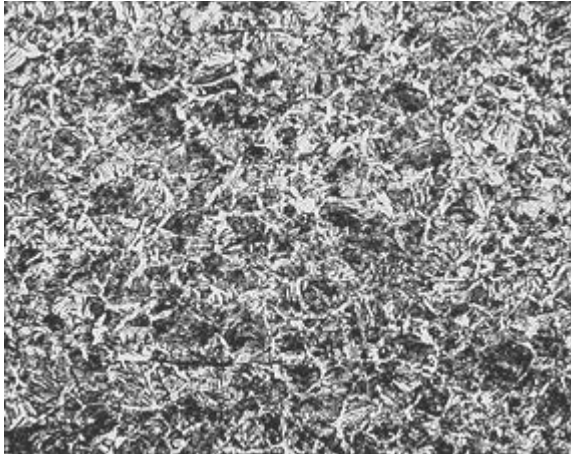
4.4 ENSAIO DE METALOGRAFIA

O ensaio metalográfico tem seu procedimento descrito na ABNT NBR

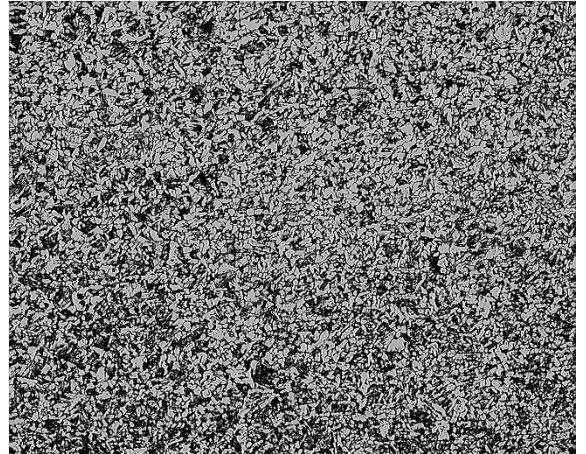
13284:1995 e visa estudar as características estruturais ou da constituição dos metais e suas ligas, para relacioná-los com suas propriedades físicas, químicas e mecânicas. Para a realização da análise, o plano de interesse da amostra é cortado, lixado, polido e atacado com reagente químico, de modo a revelar as interfaces entre os diferentes constituintes que compõe o metal.

Como citado anteriormente, o ensaio metalográfico foi realizado no Laboratório de Metalografia, situado nas instalações do Laboratório de Engenharia de Materiais do IFPI. O objetivo do presente ensaio foi observar as microestruturas encontradas nos corpos de prova e compara-las com a literatura, servindo com mais uma forma de analisar as soldas e assegurar a veracidade dos resultados da certificação interna. Abaixo se observa as micrografias capturas dos corpos de prova confeccionados por cada soldador, a figuras 8, 9, 10 e 11, respectivamente.

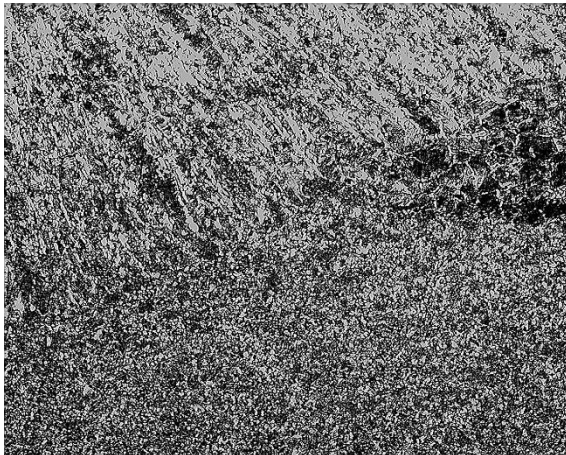
Figura 8 — Microestrutura do corpo de prova referente ao Soldador 1.



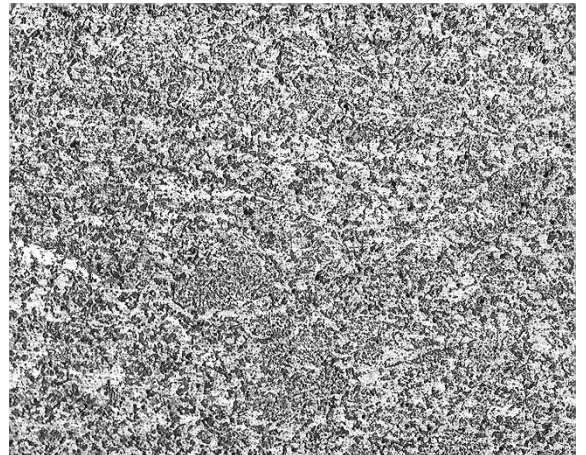
A: Parte superior do cordão obtido pelo processo MIG. Aumento de 100x.



B: Parte inferior do cordão obtido pelo processo Eletrodo Revestido, refinado pelo processo superior. Aumento de 100x.



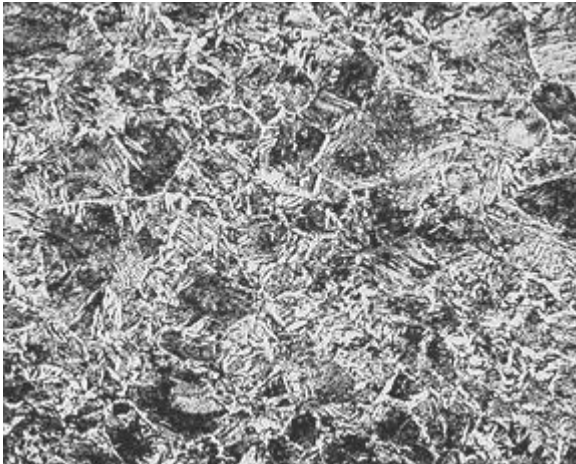
C: Interfase entre os cordões (Eletrodo Revestido e MIG/MAG). Aumento de 100x.



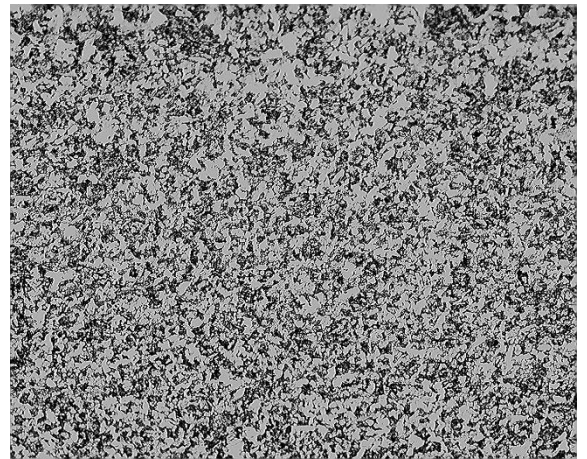
D: Zona Termicamente Afetada (ZTA). Aumento de 100x.

Fonte: Autora

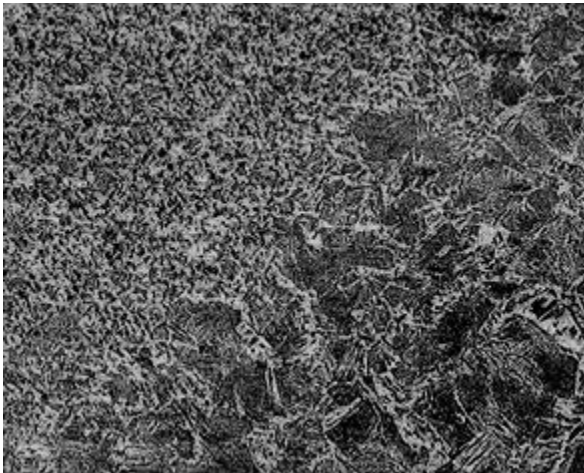
Figura 9 — Microestrutura do corpo de prova referente ao Soldador 2



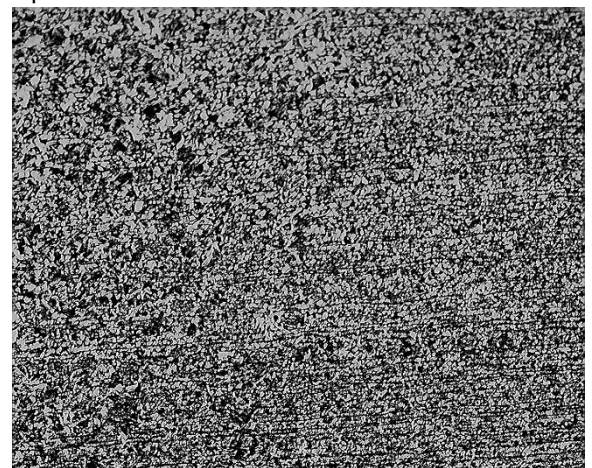
A: Parte superior do cordão obtido pelo processo MIG. Aumento de 100x.



B: Parte inferior do cordão obtido pelo processo Eletrodo Revestido, refinado pelo processo superior. Aumento de 100x.



C: Interfase entre os cordões (Eletrodo Revestido e MIG/MAG). Aumento de 100x.



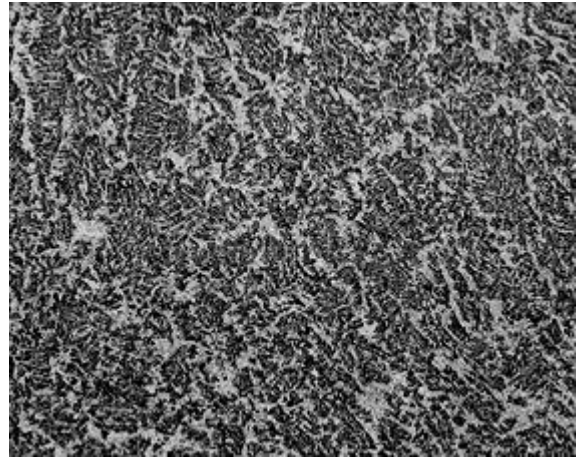
D: Zona Termicamente Afetada (ZTA). Aumento de 100x.

Fonte: Autora

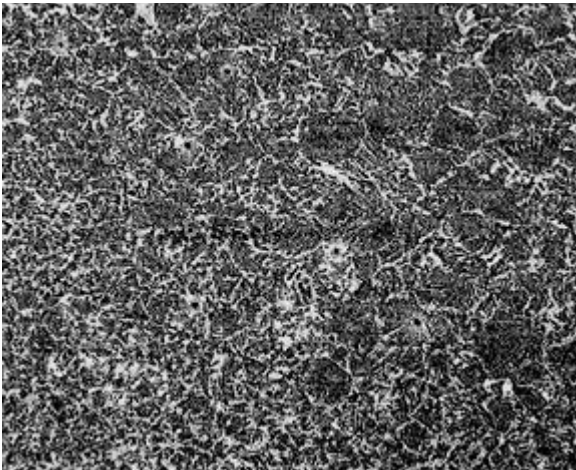
Figura 10 — Microestrutura do corpo de prova referente ao Soldador 3



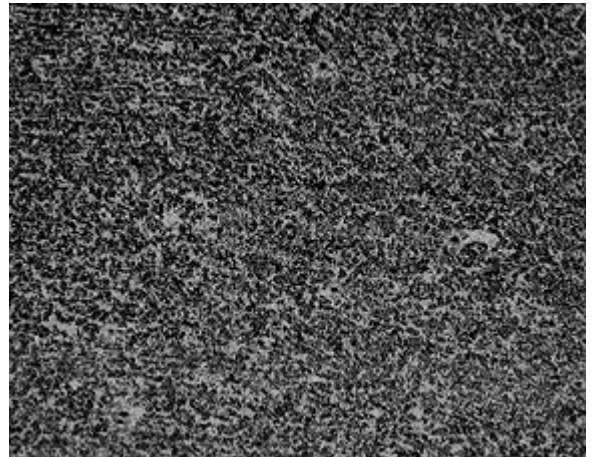
A: Parte superior do cordão obtido pelo processo MIG. Aumento de 100x.



B: Parte inferior do cordão obtido pelo processo Eletrodo Revestido, refinado pelo processo superior. Aumento de 100x.



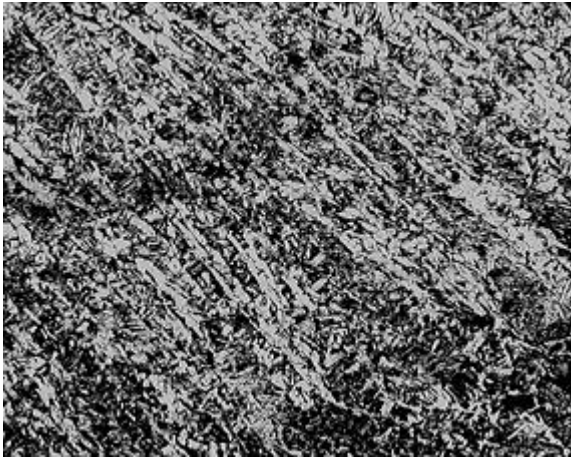
C: Interfase entre os cordões (Eletrodo Revestido e MIG/MAG). Aumento de 100x.



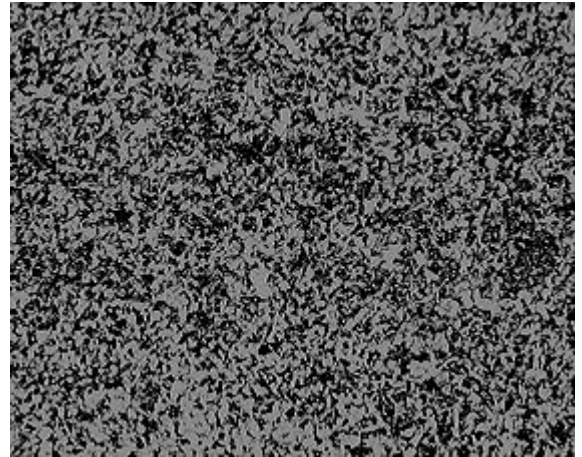
D: Zona Termicamente Afetada (ZTA). Aumento de 100x.

Fonte: Autora

Figura 11 — Microestrutura do corpo de prova referente ao Soldador 4



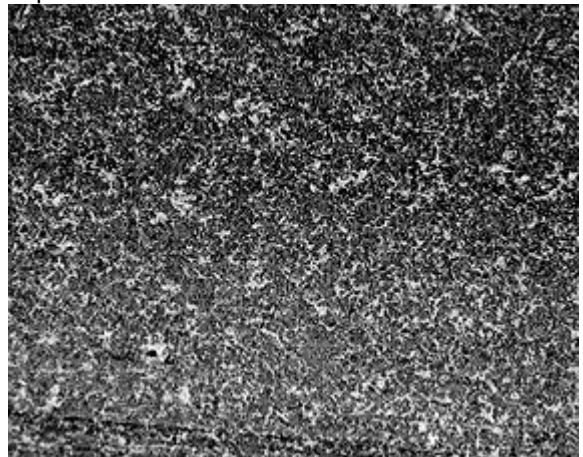
A: Parte superior do cordão obtido pelo processo MIG. Aumento de 100x.



B: Parte inferior do cordão obtido pelo processo Eletrodo Revestido, refinado pelo processo superior. Aumento de 100x.



C: Interfase entre os cordões (Eletrodo Revestido e MIG/MAG). Aumento de 100x.



D: Zona Termicamente Afetada (ZTA). Aumento de 100x.

Fonte: Autora

As microestruturas não apresentaram nenhuma fase metaestável, como a martensita e bainita, nem tão apresentaram as ferritas de Widmanstätten, consideradas estruturas não adequadas para soldas. Conforme o código ASME Secção V, não foi identificado nenhum defeito em nível macro ou microscópico.

4.5 FORMULÁRIO DO PROCEDIMENTO DE CERTIFICAÇÃO INTERNA DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM

Com todas as soldas realizadas com os parâmetros listados, foi possível a elaboração do procedimento de soldagem conforme apresentado nos formulários encontrado no Apêndice A, B e C.

4.6 FORMULÁRIO DO PROCEDIMENTO DE CERTIFICAÇÃO INTERNA DOS SOLDADORES

O presente formulário foi elaborado de acordo com a ASME Seção IX, adaptado para a ABNT NBR 16161/2019 e baseado nos resultados nas análises já discutidas, conforme pode ser observado no Apêndice B.

5 CONCLUSÃO

A criação e/ou a indução de uma cultura que proporcione a implementação da certificação interna tanto do processo de soldagem, como dos soldadores, veio a contribuir com a verificação da conformidade pelo Organismo de Certificação de Produto, pois serviu como ferramenta de mitigação de riscos para fins regulatórios, prevenindo que produtos que não atendam aos marcos regulatórios fossem colocados no mercado, no caso dos tanques metálicos jaquetados subterrâneos.

Os Procedimentos de Soldagem e a Qualificação Interna dos Soldadores tornaram-se uma ferramenta indispensável, visto que a certificação do tanque metálicos jaquetados subterrâneos é uma certificação compulsória, isto é, deve atender a NBR 16161/2019. Tais ferramentas trouxeram mais segurança aos colaboradores, pois além da segurança da execução correta dos procedimentos de fabricação na planta, instituiu-se as avaliações internas periódicas.

Quanto aos procedimentos de soldagem foi verificado pelos resultados laboratoriais de que tanto o Procedimento de Soldagem ao Arco Elétrico com Eletrodo Revestido, como o Procedimento de Soldagem ao Arco Elétrico com Atmosfera de Proteção Gasosa foram aprovados, com isso, foi verificado que os parâmetros de soldagem para ambos os processos de soldagem foram acertadamente selecionados.

Quanto a Certificação interna dos soldadores também foi verificado que após as palestras e execução de minicursos, como o acompanhamento “*in locu*” pelo técnico responsável houve um controle de qualidade mais efetivo nas soldas executadas, tanto nos corpos de provas, nenhuma reprovação pelo laboratório, como na fabricação dos tanques.

A conclusão acima está corroborada também pelos ensaios de metalografia os quais não apresentaram a formação de microestruturas metaestáveis ou as ferritas de Widmanstätten, como também não foi verificado nestas nenhum tipo de defeito em nível microestrutural.

REFERÊNCIAS

American Society of Mechanical Engineers. **ASME section IX: qualification standard for welding and brazing procedures, welders, brazers, and welding and brazing operators**. IX ed. New York: ASME; 2017.

American Welding Society. **Structural Welding Code – Steel**. 22nd Edition. Miami: WS; 1991.

ANP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DO PETRÓLEO. Consulta de Postos Revendedores. Rio de Janeiro. Disponível em < <https://postos.anp.gov.br/consulta.asp>>. Acesso em: 16 de junho de 2021.

ANDREUCCI, Ricardo. **Líquidos Penetrantes**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS E INSPEÇÃO. São Paulo: 2018.

ASSIS CARNEIRO; G. C.; FERNANDES DIAS; D. A.; FONSECA; E. R.; COSTA GONÇALVES; J. A. **Contaminação das Águas Subterrâneas por Composto Orgânicos na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, no Estado de Minas Gerais, Brasil**. Research, Society and Development. V, 9. N. 10. P. 1-19. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/IEC 1700:2005: Avaliação de conformidade - Vocabulário e princípios gerais. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 6892/1:2013: Materiais metálicos – Ensaio de tração. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9001:2000**: Sistemas de gestão da qualidade - requisitos. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13284**: Preparação de corpos de prova para análise metalográfica. 1. ed. Rio de Janeiro, 2011. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 1995. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16161: Tanque metálico jaquetado subterrâneo — Requisitos de fabricação e de modulação. **Emenda 1**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16161**: Tanque metálico jaquetado subterrâneo — Requisitos de fabricação e de modulação. 3. Ed. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6153**: Produtos metálicos - Ensaio de dobramento semi-guiado. 3. ed. Rio de Janeiro, 1988. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9797:1987**. Tubo de aço-carbono eletricamente soldado para condução de água de abastecimento – Especificação, 2019.

ASTM – American Society for Testing Materials. **ASTM A 370 – 19** - Standard Test

Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. In: Annual Book of ASTM Standards, 2019.

DE BARROS, S. M. **Tanques de Armazenamento**. Universidade Petrobrás. Rio de Janeiro – RJ. Março. 2009. P. 5xx-5xx

BRITISH INSTITUTE OF NON-DESTRUCTIVE TESTING. Disponível em: <<http://www.bindt.org/>>. Acesso em: 10 de junho de 2021.

CARVALHO AZEVEDO, T. G. **Estudo da Contaminação do Solo e da Água Subterrânea em Área de posto de Revenda de Combustíveis através da difusão de Hidrocarbonetos BTEX e HPA**. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC. UFRN. Departamento de Engenharia Química. Junho. Natal-RN. 2017. 50p.

CHAMUSCA; R. F.; SOUZA SILVA; D. A. V.; DA SILVA SAMPAIO; C. M. **Critérios para a Certificação de Produtos na Regulamentação do INMETRO. P2P&INOVAÇÃO**. Rio de Janeiro. V. 6. N. 1. P. 49-69. Set. 2019/Fev. 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Licenciamento Ambiental: Roteiros E Informações**. São Paulo: Cetesb, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/>. Acesso em: 27 abril 2021.

CORSEUIL, H. X. & MARINS, M. D. M., 1997. Contaminação de água subterrânea por derramamento de gasolina: O problema é grave? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2:50-54.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime A.; SANTOS, Carlos A. dos. **Ensaaios dos materiais**. 1.ed. Campinas: LTC, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE. INMETRO. **Informações institucionais e diversas**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 05 de junho de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE. INMETRO. **Avaliação da conformidade**. 6. ed. p.57. Rio de Janeiro: Inmetro, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE. INMETRO. **Produtos com certificação compulsória**. 2021. Disponível em: <http://inmetro.gov.br/qualidade/rtepac/compulsorios.asp>. Acesso em: 05 de junho de 2021.

<http://www.analiticaambiental.com.br/noticias/item/216-postos-de-combustiveis-contaminacao-de-aqueiferos-e-solos-por-vazamento-em-tanques> Visitado no dia 26/05/2021, às 10h11min.

JOÃO JABBOUR; S. M. **Impacto da Presença do estado no Processo de Certificação de Produtos**. Dissertação de Mestrado Profissional. UFF. Niterói. 2003. P.127.

MARQUES P.V, MODENESI P.J, BRACARENSE AQ. **Soldagem - fundamentos e tecnologia**. Belo Horizonte: Editora UFMG; 2005.

NADIM, FARHAD; ZACK, PETER; HOAG, GEORGE E.; LIU, SHILI; CARLEY, ROBERT J. **Non-Uniform Regulations of Underground Storage Tanks in the United States**. Spill Science & Technology Bulletin, Vol. 6, No. 5/6, pp. 341-348, 2000

PETROBRAS. Norma Petrobras N-1597. revisão F. **Ensaio Não-Destrutivo**. Rio de Janeiro, Petrobras, 2011.

REDE METROLÓGICA RS. **Certificação de Produtos: Guia Prático**. SEBRAE, FIERGS. Porto Alegre. Metrópole. 2000. 104p.

SILVA, R.M. **Avaliação de tensões residuais e validação da resistência mecânica de juntas soldadas conforme ASME IX 2017** [dissertação de mestrado]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica; 2018.

VEIGA, E. **Soldagem de manutenção**. São Paulo: Editora Globus, 2011.

Wainer, A., & Ingersoll, B. (2015). **Intervention fidelity: An essential component for understanding ASD parent training research and practice**. Clinical Psychology: Science and Practice, 20, 335–357. doi:10.1111/cpsp.12045.

WANG Z, Yang Y. Comparison of welder performance qualification rules between Chinese regulation and ASME BPVS Sec. IX-2015. In: **American Society of Mechanical Engineers. Proceedings of the ASME 2016: Pressure Vessels and Piping Conference**; 2016 July 17-21; Vancouver, Canada. New York: ASME; 2016. p. V01BT01A025. <https://doi.org/10.1115/PVP2016-63194>.

ZOLIN, IVAN. **Ensaaios Mecânicos e Análise de Falhas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011.

APÊNDICE A – REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (RQPS)

IDENTIFICAÇÃO DO SOLDADOR	
NOME: SOLDADOR	
PROCESSO DE SOLDAGEM:	EPS Nº:
POSIÇÃO DE SOLDAGEM:	
TIPO DE JUNTA:	
METAL DE BASE	METAL DE ADIÇÃO
ESPECIFICAÇÃO:	ESPECIFICAÇÃO:
ESPESSURA:	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS
DIMENSÕES:	TIPO DE CORRENTE:
	FAIXA DE CORRENTE:
CHANFRO:	POLARIDADE:
	FAIXA DE TENSÃO:
PREPARAÇÃO PARA SOLDAGEM	
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO:	
TEMPERATURA DE INTERPASSE:	
LIMPEZA INICIAL DO BICO:	() SIM () NÃO
LIMPEZA INICIAL DA SUPERFÍCIE:	() SIM () NÃO
DETALHES	

CARACTERIZAÇÃO DO METAL DE BASE

ENSAIO DE TRAÇÃO DO METAL DE BASE									
CP	DIMENSÕES (mm)	SECÇÃO (mm ²)	LIMITE DE ESCOAMENTO		LIMITE DE RESISTÊNCIA		ALONGAMENTO		
			(kgf)	(Mpa)	(kgf)	(Mpa)	Lo (mm)	%	L (mm)
COMPOSIÇÃO QUÍMICA									
CARBONO (C)		SILICIO (Si)		FÓSFORO (P)		ENXOFRE (S)		COBRE (Cu)	

ENSAIOS NA JUNTA SOLDADA

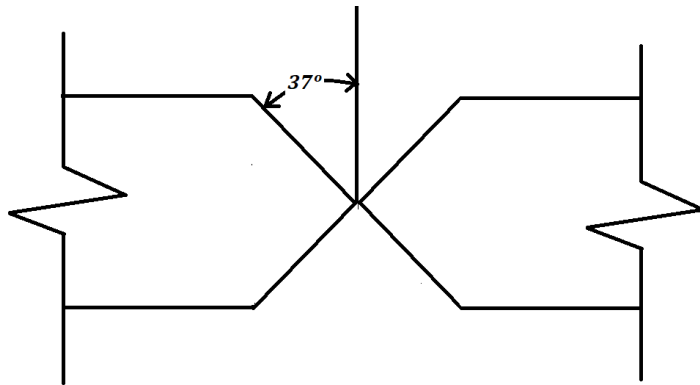
ENSAIO DE TRAÇÃO DA JUNTA SOLDADA						
CP	DIMENSÕES (mm)	SECÇÃO (mm ²)	LIMITE DE RESISTÊNCIA		LIMITE MÍNIMO ESPECIFICADO (MPa)	LOCAL DE RUPTURA
			(kgf)	(Mpa)		

ENSAIO DE DOBRAMENTO TRANSVERSAL					
CP	DIMENSÕES mm	CUTELO (mm)	DISTÂNCIA ENTRE ROLETES (mm)	ÂNGULO DE DOBRAMENTO (Graus)	RESULTADOS OBTIDOS

EMITIDO POR ____/____/____	APROVADO POR ____/____/____	CONTROLE DE QUALIDADE ____/____/____
-----------------------------------	------------------------------------	---

APÊNDICE B – ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (EPS)

PROCESSO DE SOLDAGEM		
SOLDADOR:		
PROCESSO DE SOLDAGEM:		
POSIÇÃO DE SOLDAGEM:		
TIPO DE JUNTA:		
QUALIFICADO PELO RQPS N°:		
METAL BASE		
TIPO DE AÇO:		
FORNECEDOR:		
CERTIFICADO:		
LOTE:		
ESPESSURA DA CHAPA:		
CHANFRO:		
FILETE:		
OBSERVAÇÕES		
METAL DE ADIÇÃO		
CLASSIFICAÇÃO AWS:		
DIÂMETRO:		
TIPO DE REVESTIMENTO:		
OBSERVAÇÕES		
PREPARAÇÃO PARA SOLDAGEM		
TEMPERATURA DE PRÉ-AQUECIMENTO:		
TEMPERATURA DE INTERPASSE:		
LIMPEZA INICIAL DO BICO:	() SIM	() NÃO
LIMPEZA INICIAL DA SUPERFÍCIE:	() SIM	() NÃO
DETALHES		



O processo de soldagem MIG deverá ocorrer na parte superior, após a realização do cordão de solda com eletrodo revestido na parte inferior.

OBS.: A solda no tanque é internamente realizada com eletrodo revestido e externamente com MIG/MAG.

PARÂMETROS DE SOLDAGEM PARA MIG/MAG

ID DO CORPO DE PROVA (CP)	CORRENTE (A)	TENSÃO EM ABERTO (V)	TENSÃO DE TRABALHO (V)	DIÂMETRO DO ARAME	VELOCIDADE DE SOLDAGEM	APORTE TÉRMICO	VELOCIDADE DE ALIMENTAÇÃO DO ARAME	VAZÃO

PARÂMETROS DE SOLDAGEM PARA ELETRODO REVESTIDO

ID DO CORPO DE PROVA (CP)	CORRENTE (A)	TENSÃO EM ABERTO (V)	TENSÃO DE TRABALHO (V)	VELOCIDADE DE SOLDAGEM	APORTE TÉRMICO	OBSERVAÇÕES

EMITIDO POR

____/____/____

APROVADO POR

____/____/____

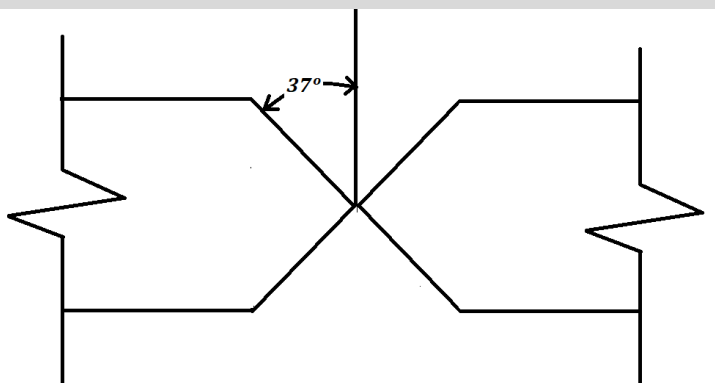
CONTROLE DE QUALIDADE

____/____/____

APÊNDICE C – REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DO SOLDADOR (RQS)

IDENTIFICAÇÃO DO SOLDADOR	
NOME: SOLDADOR	
PROCESSO DE SOLDAGEM:	EPS Nº:
POSIÇÃO DE SOLDAGEM:	
TIPO DE JUNTA:	
METAL DE BASE	METAL DE ADIÇÃO
ESPECIFICAÇÃO:	ESPECIFICAÇÃO:
ESPESSURA:	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS
DIMENSÕES:	CORRENTE:
CHANFRO:	POLARIDADE:

AVALIAÇÃO DA SOLDA NO CORPO DE PROVA								
ID DO CORPO DE PROVA (CP)	DATADO ENSAIO	FUSÃO	PENETRAÇÃO	VISUAL DE SOLDA	POROSIDADE	RESPINGOS	MORDEDURA	LÍQUIDO PENETRANTE
01		() SIM () NÃO	() SIM () NÃO		() SIM () NÃO	() SIM () NÃO	() SIM () NÃO	

DETALHES	
	O processo de soldagem MIG deverá ocorrer na parte superior, após a realização do cordão de solda com eletrodo revestido na parte inferior. OBS.: A solda no tanque é internamente realizada com eletrodo revestido e externamente com MIG/MAG.

CARACTERIZAÇÃO DO METAL DE BASE

ENSAIO DE TRAÇÃO DO METAL DE BASE									
CP	DIMENSÕES (mm)	SECÇÃO (mm ²)	LIMITE DE ESCOAMENTO		LIMITE DE RESISTÊNCIA		ALONGAMENTO		
			(kgf)	(Mpa)	(kgf)	(Mpa)	Lo (mm)	%	L (mm)

COMPOSIÇÃO QUÍMICA				
CARBONO (C)	SILICIO (Si)	FÓSFORO (P)	ENXOFRE (S)	COBRE (Cu)

ENSAIOS NA JUNTA SOLDADA

ENSAIO DE TRAÇÃO DA JUNTA SOLDADA						
CP	DIMENSÕES (mm)	SECÇÃO (mm ²)	LIMITE DE RESISTÊNCIA		LIMITE MÍNIMO ESPECIFICADO (MPa)	LOCAL DE RUPTURA
			(kgf)	(Mpa)		

ENSAIO DE DOBRAMENTO TRANSVERSAL					
CP	DIMENSÕES mm	CUTELO (mm)	DISTÂNCIA ENTRE ROLETES (mm)	ÂNGULO DE DOBRAMENTO (Graus)	RESULTADOS OBTIDOS

ENSAIO RADIOGRÁFICO

EMITIDO POR	APROVADO POR	CONTROLE DE QUALIDADE
____/____/____	____/____/____	____/____/____

ANEXO A – LAUDOS DOS ENSAIOS NO CORPO DE PROVA DO SOLDADOR 1



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 20125015MCSP

FL. 1/2



Empresa interessada : J. N. DE MELO EIRELI

Br -316 Km 09 Lote 21, 15116 - Quadra 01 - Terezina / PI

Pedido de ensaio : 289368

Natureza do trabalho : HOMOLOGAÇÃO DE TANQUES SUBTERRÂNEOS PARA POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Indicações fornecidas pelo interessado sobre o material ensaiado:

RECEBIMENTO DATA : 30/11/2020 - Entrega no Laboratório Tork SP

QUANTIDADE : 01 junta soldada

IDENTIFICAÇÃO : Tanque n° TJ1021/20 - Lote n° 28111692

METAL BASE : Chapa ASTM A 36 # 6,35 mm

SOLDADOR : Jackson Genesio da Silva / CPF: 062.032.234-81 - 15/07/2020

REF. DO CLIENTE : DANFE N° 2.562 de 07/11/2020

PROPOSTA TORK N° : 2011027PRG

A - ENSAIOS NA JUNTA SOLDADA

A1 - ENSAIOS DE TRAÇÃO TRANSVERSAL - Preparação dos CP's conforme ABNT NBR 9797 fig. 5, ed. 87
 Realização dos ensaios conforme ABNT NBR ISO 6892-1, ed. 15
 Critério de avaliação conforme ABNT NBR 9797 item 6.3.1.2, ed. 87

CP	Dimensões  mm	Seção mm²	Limite de resistência		Limite mínimo especificado MPa	Local de ruptura
			kgf	MPa		
T1	40,13 x 5,89	236,37	12.000	498	400	Fora da solda.
T2	39,82 x 5,80	230,96	11.800	501	400	Fora da solda.

A2 - ENSAIOS DE DOBRAMENTO TRANSVERSAL - Preparação dos CP's conforme ABNT NBR 9797 fig. 6, ed. 87
 Realização dos ensaios conforme ABNT NBR 6153, ed. 88
 Critério de avaliação conforme ABNT NBR 9797 item 6.3.2.2.1, ed. 87

CP	Dimensões  mm	Cotelo mm	Distância entre roletas mm	Ângulo de dobramento Graus	Resultados obtidos
DF	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades
DR	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades

Legenda: T - Tração DF - Dobramento de Face DR - Dobramento de Raiz

Determinações realizadas de acordo com as Normas: ABNT NBR 9797, ed. 87 / ABNT NBR ISO 6892-1, ed. 15 / ABNT NBR 6153, ed. 88.

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0056.
 Os resultados apresentados no presente documento têm significação restrita e se aplicam somente ao objeto ensaiado ou calibrado. A sua reprodução só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

RP-1002 - Rev.0

AC

TORK Controle Tecnológico de Materiais LTDA.

TORK SP: Rua Cruzeiro, 419 - CEP 01137-000 - Tel/Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br
 TORK BARRA FUNDA: Rua Dr. Ribeiro de Almeida, 203 - CEP: 011370-020 - Tel./Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 20125015MCSP

Fl. 2/2

B - CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL BASE**B1 - ENSAIO DE TRAÇÃO** - De acordo com a norma ASTM A 370, ed. 19.

CP	Dimensões  mm	Seção mm²	Limite de escoamento		Limite de resistência		Alongamento		
			kgf	MPa	kgf	MPa	Lo (mm)	%	L (mm)
T 1	12,51 x 5,96	74,56	2.230	293	3.640	480	50	36	67,79

B2 - ANÁLISE QUÍMICA - Norma de Referência: ASTM A 751, ed. 2014a.**COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)**

Carbono (C)	Silício (Si)	Fósforo (P)	Enxofre (S)	Cobre (Cu)
0,15	0,02	0,016	0,004	0,04

O metal base satisfaz as especificações da norma ASTM A 36 / A 36M, ed. 14.
A junta soldada satisfaz a norma ABNT NBR 9797, ed. 87.

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

1. Procedimentos Tork: P-101, P-102, séries P-200 e P-300
2. Procedimento analítico utilizado: Emissão Óptica
3. Análise química realizada no metal base
4. Local do Ensaio: Rua Cruzeiro, 419 - Barra Funda - São Paulo / SP - Laboratórios: Mecânico e Químico
5. Regra de Decisão: Declaração de conformidade sem considerar a incerteza
6. Equipamentos utilizados:

Máquina de Tração: WPM - Identificação Tork 1129 - Escala 20 T - Certificado BRC/Dnatorte DNTT/162o/20 - válido até 02/2021
Máquina de Tração: Wolpert/Amelco - Identificação Tork 1006 - Escala 60T - Certificado BRC/Dnatorte DNTT/163o/20 - válido até 02/2021
Espectrômetro Eletroímico: Identificação Tork 4632 - Certificado BRC/DNTT/218o/20 - válido até 11/2021
Termistim Digital: Identificação Tork 5112 - Certificado BRC/Tork 20021808A/SP - válido até 02/2021
Medidor de Espessura: Identificação 4632 - Certificado BRC/Tork 20042317A/SP - válido até 04/2021
Máquina para Ensaio de Dobramento: Identificação Tork: 1032

Data dos Ensaio: 08 de Dezembro de 2020.
Emissão do Relatório: São Paulo, 09 de Dezembro de 2020.

Eng. Leopoldo Rosalim de Oliveira - CREA 0600318910
Gerente Técnico do Laboratório Tork SP

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0056.

Os resultados apresentados no presente documento têm significação restrita e se aplicam somente ao objeto ensaiado ou calibrado. A sua reprodução só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

BR-156-01-Rev.0

AC

TORK Controle Tecnológico de Materiais LTDA.

TORK SP: Rua Cruzeiro, 419 - CEP 01137-000 - Tel./Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br
 TORK BARRA FUNDA: Rua Dr. Ribeiro de Almeida, 203 - CEP: 011370-020 - Tel./Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br



RELATÓRIO DE INSPEÇÃO RADIOGRÁFICA Nº		1579-L / 2020		FL		01/01					
RADIOGRAPHIC TESTING REPORT NR				Sheet Nr							
Cliente: J.N. DE MELO EIRELI (MMATEC) Customer:				DATA Date: 01.12.2020							
Obra: PEDIDO TORK Nº 287871 Job:				LOCAL: Place: METALTEC							
Norma de interpretação: ABNT NBR 16161 Interpretation standard:				Procedimento Técnico: MTC 021 REV.30 Examination procedure:							
Equipamento: QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR Equipment: JADSON GENESIO DA SILVA				Material: AÇO A36 Material:		Processo de Soldagem: GMAW Welding Process:					
TIPO DE RADIAÇÃO: RAIOS GAMA Radiation Type:		MARCA DO FILME: FUJIFILM Film Trade Mark:		TIPO: I Type:		REVELAÇÃO: DEVELOPING PROCESS Developing Process:					
MARCA/ISÓTOPOS: Ir 192 Manufacturer/Isotopes:		ECRAN DIANTEIRO: 0,005" Front Screen:		TIPO: Pb Type:		TEMPO: 6" Time:					
POTÊNCIA KV OU ATIVIDADE: 24,0Ci KV / Activity:		ECRAN TRASEIRO: 0,010" Back Screen:		Tipo de IG: 10 PE BH IG type:		TEMPERATURA: 20° Temperature:					
DIMENSÃO EFETIVA DO FOCO: 3,8x3,8mm Effective source size:		DEFEITOS/LEGENDA Defects/Legend:									
FAIXA DE DENSIDADE: 2,6 ~ 3,5 HD Density Range:		PP-Falta de Fusão, lack of Fusion; PR-Falta de Penetração, lack of Penetration; TR-Trinca(Craquel); A-Entralvação Alongada (Forged inclusion); E-Inclusão de Escória(Slag inclusion); MM-Montecura(Intermetallic); PQ-Parafusado(Ferrugem); CO-Corrosão(ou Corrosão); PR-Perfuração (ou corrosão) ou Perforação (ou corrosão); TEC-Técnica Radiol (Radiographic Test) (ECP) - Espuma (Foam) (A) - Amplitude (Amplitude) - R-Redução (Reduction)									
DIST. FONTE OBJETO: 750mm Source to Object distance:				DISTÂNCIA DA SUPERF. DO OBJETO DO LADO DA FONTE ATÉ O FILME (mm): 3,35mm Distance from source side of object to film (mm):		NR. DE FILMES POR CASSETTE: 01 Number of films per cassette:					
FILME NR Film Nr	POS NR Position Nr	IDENTIFICAÇÃO Identification	Soldadores Welders	E SP M. Base Base metal	Esp Ref Ref	Esp Solda Weld Thickness	DIAM Técnica Diameter	TEC Técnica Technique	Dispositivo Dispositivo	Dispositivo Dispositivo	DEFEITOS Defects
01	0-1	CP- CPF 062.052.234-81	-	14"	3,0mm	9,35mm	CHAPA	PS-VS	X	-	-
Filmes: 4 1/2"x17" 3 1/2"x17"=1				4 1/2"x8 1/2" 3 1/2"x8 1/2"				14"x17" 14"x8 1/2"			
Cliente/Fabricante/Montador Customer/Manufacturer/Assembler				Inspetor METALTEC João Domingos da Silva ER-N2-IL-SRQC 05623 ASNT-SNT-TC-1A NDIR-LII-RT 007				 Eng. Leopoldo Roberto de Oliveira Tork Controle Tecnológico			

TORK Controle Tecnológico de Materiais Ltda.

TORK SP: Rua Cruzzeira, 419 - CEP: 01137-000 - Tel./fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br
TORK BARRA FUNDA: Rua Dr. Ribeiro de Almeida, 205 - CEP: 01137-020 - Tel./fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork.laboratorios-tork.com.br

ANEXO B – LAUDOS DOS ENSAIOS NO CORPO DE PROVA DO SOLDADOR 2



RELATORIO DE ENSAIO N°: 20125016MCSP

FL. 1/2



Empresa interessada : J. N. DE MELO EIRELI

Br -316 Km 09 Lote 21, 15116 - Quadra 01 - Terezina / PI

Pedido de ensaio : 289368

Natureza do trabalho : HOMOLOGAÇÃO DE TANQUES SUBTERRÂNEOS PARA POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Indicações fornecidas pelo interessado sobre o material ensaiado:

RECEBIMENTO DATA.....: 30/11/2020 - Entrega no Laboratório Tork SP

QUANTIDADE.....: 01 junta soldada

IDENTIFICAÇÃO.....: Tanque n° TJ1034/20 - Lote n° 27112235001

METAL BASE.....: Chapa ASTM A 36 # 6,35 mm

SOLDADOR.....: Edinaldo José Gomes / CPF: 773.744.604-49 - 20/08/2020

REF. DO CLIENTE.....: DANFE N° 2.562 de 07/11/2020

PROPOSTA TORK N°.....: 2011027PRG

A - ENSAIOS NA JUNTA SOLDADA

A1 - ENSAIOS DE TRAÇÃO TRANSVERSAL - Preparação dos CP's conforme ABNT NBR 9797 fig. 5, ed. 87

Realização dos ensaios conforme ABNT NBR ISO 6892-1, ed. 15

Critério de avaliação conforme ABNT NBR 9797 item 6.3.1.2, ed. 87

CP	Dimensões  mm	Seção mm²	Limite de resistência		Limite mínimo especificado MPa	Local de ruptura
			kgf	MPa		
T 1	40,05 x 6,03	241,50	12.250	497	400	Fora da solda.
T 2	39,81 x 5,96	237,27	12.200	504	400	Fora da solda.

A2 - ENSAIOS DE DOBRAMENTO TRANSVERSAL - Preparação dos CP's conforme ABNT NBR 9797 fig. 6, ed. 87

Realização dos ensaios conforme ABNT NBR 6153, ed. 88

Critério de avaliação conforme ABNT NBR 9797 item 6.3.2.2.1, ed. 87

CP	Dimensões  mm	Cotado mm	Distância entre roletes mm	Ângulo de dobramento Graus	Resultados obtidos
DF	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades
DR	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades

Legenda: T - Tração DF - Dobramento de Face DR - Dobramento de Raiz

Determinações realizadas de acordo com as Normas: ABNT NBR 9797, ed. 87 / ABNT NBR ISO 6892-1, ed. 15 / ABNT NBR 6153, ed. 88.

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0056.

Os resultados apresentados no presente documento têm significação restrita e se aplicam somente ao objeto ensaiado ou calibrado. A sua reprodução só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

BP-100-2-Rev.0

TORK Controle Tecnológico de Materiais LTDA.

TORK SP: Rua Cruzeiro, 419 - CEP 01137-000 - Tel/Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br
TORK BARRA FUNDA: Rua Dr. Ribeiro de Almeida, 203 - CEP: 011370-020 - Tel/Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 20125016MCSP

FL 2/2

B - CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL BASE**B1 - ENSAIO DE TRAÇÃO** - De acordo com a norma ASTM A 370, ed. 19.

CP	Dimensões mm	Seção mm²	Limite de escoamento		Limite de resistência		Alongamento		
			kgf	MPa	kgf	MPa	Lo (mm)	%	L (mm)
T1	12,71 x 6,29	79,95	2.335	286	3.965	485	50	38	69,17

B2 - ANÁLISE QUÍMICA - Norma de Referência: ASTM A 751, ed. 2014a.**COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)**

Carbono (C)	Silício (Si)	Fósforo (P)	Enxofre (S)	Cobre (Cu)
0,12	0,17	0,020	0,007	0,02

O metal base satisfaz as especificações da norma ASTM A 36 / A 36M, ed. 14.
A junta soldada satisfaz a norma ABNT NBR 9797, ed. 87.

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

1. Procedimentos Tork: P-101, P-102, séries P-200 e P-300
2. Procedimento analítico utilizado: Ensaio Óptico
3. Análise química realizada no metal base.
4. Local do Ensaio: Rua Cruzeiro, 419 - Barra Funda - São Paulo / SP - Laboratórios: Mecânico e Químico
5. Regra de Decisão: Declaração de conformidade sem considerar a incerteza
6. Equipamentos utilizados:
 - Máquina de Tracção WPM - Identificação Tork 1129 - Escala 20 T - Certificado IBC/Dinasteste DNTT/163o/20 - válido até 02/2021
 - Máquina de Tracção Wolpert/Amtec - Identificação Tork 1006 - Escala 60T - Certificado IBC/Dinasteste DNTT/163o/20 - válido até 02/2021
 - Extensômetro Eletromecânico - Identificação Tork 4632 - Certificado IBC/DNTT/211o/20 - válido até 11/2021
 - Extensômetro Digital - Identificação Tork 5112 - Certificado IBC/Tork 20021808A/SP - válido até 02/2021
 - Microscópio Óptico - Identificação 4832 - Certificado IBC/Tork 20042317A/SP - válido até 04/2021
 - Máquina para Ensaio de Dobramento - Identificação Tork: 1032

Data dos Ensaio: 08 de Dezembro de 2020.

Emissão do Relatório: São Paulo, 09 de Dezembro de 2020.

Eng. Leopoldo Rosalini de Oliveira - CREA 0600318910
Gerente Técnico do Laboratório Tork SP

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0056.

Os resultados apresentados no presente documento têm significação restrita e se aplicam somente ao objeto ensaiado ou calibrado. A sua reprodução só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

SP-200-2-Rev.0

TORK Controle Tecnológico de Materiais LTDA.

TORK SP, Rua Cruzeiro, 419 - CEP 01137-000 - Tel/Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br
TORK BARRA FUNDA: Rua Dr. Ribeiro de Almeida, 203 - CEP: 011370-020 - Tel/Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br



RELATÓRIO DE INSPEÇÃO RADIOGRÁFICA Nº		1979-K / 2020		FL		01/01				
RADIOGRAPHIC TESTING REPORT Nº				Sheet Nº						
Cliente: J.N. DE MELO EIRELI (IMMATEC)				DATA: 01.12.2020						
Obra: PEDIDO TORK Nº 287871				LOCAL: METALTEC						
Norma de interpretação: ABNT NBR 16161				Procedimento Técnico: MTC 021 REV.30						
Equipamento: QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR				Material: AÇO A36		Processo de Soldagem: GMAW				
Equipamento: EDNALDO JOSE GOMES				Material:		Welding Process:				
TIPO DE RADIAÇÃO: RAIO GAMA		MARCA DO FILME: FUJI		TIPO: I		REVELAÇÃO				
Radiação Type		Film Trade Mark		Type		Developing Process				
MARCA ISOTOPOS: Ir 192		ECRAN DIANTEIRO: 0,005"		TIPO: Pb		TEMPO: 5'				
Isotope/Isotopes		Front Screen		Type		Time				
POTENCIA KV OU ATIVIDADE: 24,0Ci		ECRAN TRASEIRO: 0,010"		Tipo de ICI: 10 PE EN		TEMPERATURA: 20°				
KV / Activity		Back Screen		ICI type		Temperature				
DIMENSÃO EFETIVA DO FOCO: 3,0x3,0mm		DEFEITOS/LEGENDAS								
Effective source size		Defects/Legends								
FAIXA DE DENSIDADE: 2,0 - 3,5 HD		Defects/Legends								
Density Range		Defects/Legends								
DIST FONTE OBJETO: 700mm		Defects/Legends								
Source to Object distance		Defects/Legends								
DISTÂNCIA DA SUPERF. DO OBJETO DO LADO DA FONTE ATÉ O FILME (mm): 9,35mm		NR. DE FILMES POR CASSETE: 01								
Distance from source side of object to film (mm)		Number of films per cassette								
FILM NR.	FILM NR.	IDENTIFICAÇÃO	SOLDADEIRO	F.S.P.	ESP.	ESP.	DIAM.	TEC.	DISPOSIÇÃO	DEFEITOS
Film No.	Film No.	Identification	Welder	M Base metal	Ref.	Weld Thick.	Diameter	Techn.	Disposition	Defects
01	0-1	CP. CPF: 773.744.604-49	-	1/4"	3,0mm	9,35mm	CHAPA	PS-VS	X	
Folha: 4. 1/2"x17"										
3. 1/2"x17"=1										
Cliente/Fabricante/Montador			Inspeção METALTEC			Eng. Leopoldo Rosário de Oliveira				
Customer/Manufacturer/Assembler			João Domingos da Silva			Tork Controle Tecnológico				
			ER-N2-IL-SNQC 05827							
			ASNT-SNT-TC-1A							
			NDE-L3-RT 0"							
			01.12.2020			04/12/2020				

TORK Controle Tecnológico de Materiais Ltda.

TORK SP: Rua Cruzeiro, 419 - CEP: 01137-000 - Tel./fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br
 TORK BARRA FUNDA: Rua Dr. Ribeiro de Almeida, 203 - CEP: 01137-020 - Tel./fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br

ANEXO C – LAUDOS DOS ENSAIOS NO CORPO DE PROVA DO SOLDADOR 3



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 20125017MCSP

FL. 1/2



Empresa interessada : J. N. DE MELO EIRELI
Br-316 Km 09 Lote 21, 15116 - Quadra 01 - Teresina / PI

Pedido de ensaio : 289368

Natureza do trabalho : **HOMOLOGAÇÃO DE TANQUES SUBTERRÂNEOS PARA POSTOS DE COMBUSTÍVEIS**

Indicações fornecidas pelo interessado sobre o material ensaiado:

RECEBIMENTO DATA.....: 30/11/2020 - Entrega no Laboratório Tork SP

QUANTIDADE.....: 01 junta soldada

IDENTIFICAÇÃO.....: Tanque n° TJ1061/20 - Lote n° 3195306

METAL BASE.....: Chapa ASTM A 36 # 6,35 mm

SOLDADOR.....: Luciano Martins Araújo / CPF: 950.597.173-72 - 28/10/2020

REF. DO CLIENTE.....: DANFE N° 2.562 de 07/11/2020

PROPOSTA TORK N°.....: 2011027PRG

A - ENSAIOS NA JUNTA SOLDADA

A1 - ENSAIOS DE TRAÇÃO TRANSVERSAL - Preparação dos CP's conforme ABNT NBR 9797 fig. 5, ed. 87
Realização dos ensaios conforme ABNT NBR ISO 6892-1, ed. 15
Critério de avaliação conforme ABNT NBR 9797 item 6.3.1.2, ed. 87

CP	Dimensões 	Seção mm²	Limite de resistência		Limite mínimo especificado MPa	Local de ruptura
			kgf	MPa		
T 1	40,20 x 5,97	239,99	11.200	438	400	Fora da solda.
T 2	40,05 x 5,95	238,30	11.100	437	400	Fora da solda.

A2 - ENSAIOS DE DOBRAMENTO TRANSVERSAL - Preparação dos CP's conforme ABNT NBR 9797 fig. 6, ed. 87
Realização dos ensaios conforme ABNT NBR 6153, ed. 88
Critério de avaliação conforme ABNT NBR 9797 item 6.3.2.2.1, ed. 87

CP	Dimensões 	Cutelo mm	Distância entre roletas mm	Ângulo de dobramento Graus	Resultados obtidos
DF	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades
DR	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades

Legenda: T - Tração DF - Dobramento de Face DR - Dobramento de Raiz

Determinações realizadas de acordo com as Normas: ABNT NBR 9797, ed. 87 / ABNT NBR ISO 6892-1, ed. 15 / ABNT NBR 6153, ed. 88.

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0056.
Os resultados apresentados no presente documento têm significação restrita e se aplicam somente ao objeto ensaiado ou calibrado. A sua reprodução só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

RP-100.1 - Rev.0

TORK Controle Tecnológico de Materiais LTDA.

TORK SP: Rua Cruzeiro, 419 - CEP: 01137-000 - Tel/Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br
TORK BARRA FUNDA: Rua Dr. Ribeiro de Almeida, 203 - CEP: 011370-020 - Tel/Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 20125017MCSP

FL 2/2

B - CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL BASE**B1 - ENSAIO DE TRAÇÃO** - De acordo com a norma ASTM A 370, ed. 19.

CP	Dimensões  mm	Seção mm²	Limite de escoamento		Limite de resistência		Alongamento		
			kgf	MPa	kgf	MPa	Lo (mm)	%	L (mm)
T 1	12,50 x 6,32	79,00	2.430	302	3.580	445	50	36	58,01

B2 - ANÁLISE QUÍMICA - Norma de Referência: ASTM A 751, ed. 2014a.**COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)**

Carbono (C)	Silício (Si)	Fósforo (P)	Enxofre (S)	Cobre (Cu)
0,098	0,01	0,024	0,013	0,01

O metal base satisfaz as especificações da norma ASTM A 36 / A 36M, ed. 14.
A junta soldada satisfaz a norma ABNT NBR 9797, ed. 87.

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

1. Procedimentos Tork: P-101, P-102, séries P-200 e P-300
2. Procedimento analítico utilizado: Emissão Óptica
3. Análise química realizada no metal base
4. Local do Ensaio: Rua Cruzeiro, 419 - Barra Funda - São Paulo / SP - Laboratórios: Mecânico e Químico
5. Regra de Decisão: Declaração de conformidade sem considerar a incerteza
6. Equipamentos utilizados:
 - Máquina de Tracção WPM - Identificação Tork 1129 - Escala 20 T - Certificado RBC/Dinastete DNTT/1620/20 - válido até 02/2021
 - Máquina de Tracção Wolpert/Ansler - Identificação Tork 1006 - Escala 60T - Certificado RBC/Dinastete DNTT/1630/20 - válido até 02/2021
 - Espectrômetro Eletrotermo - Identificação Tork 4632 - Certificado RBC/DNTT/2180/20 - válido até 11/2021
 - Espectrômetro Digital - Identificação Tork 5112 - Certificado RBC/Tork 20021808A/SP - válido até 02/2021
 - Marcimetro Linear - Identificação 4802 - Certificado RBC/Tork 20042317A/SP - válido até 04/2021
 - Máquina para Ensaio de Dobramento - Identificação Tork: 1032

Data dos Ensaio: 08 de Dezembro de 2020.
Emissão do Relatório: São Paulo, 09 de Dezembro de 2020.

Eng. Leopoldo Rosalim de Oliveira - CREA 0600318910
Gerente Técnico do Laboratório Tork SP

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRI. 0056.
Os resultados apresentados no presente documento têm significação restrita e se aplicam somente ao objeto ensaiado ou calibrado. A sua reprodução só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

RP-144.2 - Rev.0

AC

TORK Controle Tecnológico de Materiais LTDA.TORK SP: Rua Cruzeiro, 419 - CEP 01137-000 - Tel./Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br

[illegible]

TORK Controle Tecnológico de Materiais Ltda.

TORK SP: Rua Cruzeiro, 419 - CEP: 01137-000 - Tel./fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br
TORK BAIRRAFUNDA: Rua Dr. Roberto de Almeida, 203 - CEP: 01137-020 - Tel./fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br

ANEXO D – LAUDOS DOS ENSAIOS NO CORPO DE PROVA DO SOLDADOR 4



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 20125018MCSF

Fl. 1/2



Empresa interessada : J. N. DE MELO EIRELI

Br -316 Km 09 Lote 21, 15116 - Quadra 01 - Terezina / PI

Pedido de ensaio : 289368

Natureza do trabalho : HOMOLOGAÇÃO DE TANQUES SUBTERRÂNEOS PARA POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Indicações fornecidas pelo interessado sobre o material ensaiado:

RECEBIMENTO/ DATA.....: 30/11/2020 - Entrega no Laboratório Tork SP

QUANTIDADE.....: 01 junta soldada

IDENTIFICAÇÃO.....: Tanque n° TJ1051/20 - Lote n° 434823

METAL BASE.....: Chapa ASTM A 36 # 6,35 mm

SOLDADOR.....: Jodacy Alves Absolon / CPF: 766.733.593-15 - 23/09/2020

REF. DO CLIENTE.....: DANFE N° 2.562 de 07/11/2020

PROPOSTA TORK N°.....: 2011027PRG

A - ENSAIOS NA JUNTA SOLDADA

A1 - ENSAIOS DE TRAÇÃO TRANSVERSAL - Preparação dos CP's conforme ABNT NBR 9797 fig. 5, ed. 87
 Realização dos ensaios conforme ABNT NBR ISO 6892-1, ed. 15
 Critério de avaliação conforme ABNT NBR 9797 item 6.3.1.2, ed. 87

CP	Dimensões 	Seção mm²	Limite de resistência		Limite mínimo especificado MPa	Local de ruptura
			kgf	MPa		
T 1	40,23 x 5,65	227,30	10.850	468	400	Rompou na solda.
T 2	40,19 x 5,82	233,91	11.800	495	400	Rompou na solda.

A2 - ENSAIOS DE DOBRAMENTO TRANSVERSAL - Preparação dos CP's conforme ABNT NBR 9797 fig. 6, ed. 87
 Realização dos ensaios conforme ABNT NBR 6153, ed. 88
 Critério de avaliação conforme ABNT NBR 9797 item 6.3.2.2.1, ed. 87

CP	Dimensões 	Cunho mm	Distância entre roletas mm	Ângulo de dobramento Graus	Resultados obtidos
DF	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades
DR	40,0 x 6,35	25,4	41,1	180	Não apresentou descontinuidades

Legenda: T - Tração DF - Dobramento da Face DR - Dobramento da Raiz

Determinações realizadas de acordo com as Normas: ABNT NBR 9797, ed. 87 / ABNT NBR ISO 6892-1, ed. 15 / ABNT NBR 6153, ed. 88

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRL 0056.

Os resultados apresentados no presente documento têm significação restrita e se aplicam somente ao objeto ensaiado ou calibrado. A sua reprodução só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

BR-110-2, Rev.0

TORK Controle Tecnológico de Materiais LTDA.

TORK SP, Rua Cruzeiro, 419 - CEP 01137-000 - Tel/Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 20125018MCSP

FL. 2/2

B - CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL BASE**B1 - ENSAIO DE TRAÇÃO** - De acordo com a norma ASTM A 370, ed. 19.

CP	Dimensões 	Seção mm²	Limite de escoamento		Limite de resistência		Alongamento		
			kgf	MPa	kgf	MPa	Lo (mm)	%	L (mm)
T 1	12,67 x 6,44	81,59	2.090	251	3.840	460	50	35	67,63

B2 - ANÁLISE QUÍMICA - Norma de Referência: ASTM A 751, ed. 2014a.**COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)**

Carbono (C)	Silício (Si)	Fósforo (P)	Enxofre (S)	Cobre (Cu)
0,11	0,02	0,020	0,005	0,02

O metal base satisfaz as especificações da norma ASTM A 36 / A 36M, ed. 14.
A junta soldada satisfaz a norma ABNT NBR 9797, ed. 87.

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

- Procedimentos Tork: P-101, P-102, séries P-200 e P-300
- Procedimento analítico utilizado: Emissão Óptica
- Análise química realizada no metal base.
- Local do Ensaio: Rua Cruzeiro, 419 - Barra Funda - São Paulo / SP - Laboratório: Mecânico e Químico
- Regra de Decisão: Declaração de conformidade sem considerar a incerteza
- Equipamentos utilizados:
 - Máquina de Tração: WPM - Identificação Tork 1129 - Escala 20 T - Certificado RNC/Dnateste DNTT/162o/20 - válido até 02/2021
 - Máquina de Tração: Wolpert/Amelco - Identificação Tork 1006 - Escala 60T - Certificado RNC/Dnateste DNTT/163o/20 - válido até 02/2021
 - Extensômetro Elétrico: Identificação Tork 4632 - Certificado RNC/DNTT/218o/20 - válido até 11/2021
 - Extensômetro Digital: Identificação Tork 5112 - Certificado RNC/Tork 20021808A/SP - válido até 02/2021
 - Microscópio Óptico: Identificação 4832 - Certificado RNC/Tork 20042317A/SP - válido até 04/2021
 - Máquina para Ensaio de Dobramento: Identificação Tork: 1032

Data dos Ensaio: 08 de Dezembro de 2020.

Emissão do Relatório: São Paulo, 09 de Dezembro de 2020.

Eng. Leopoldo Rosalim de Oliveira - CREA 0600318910
Gerente Técnico do Laboratório Tork SP

Laboratório de Ensaio acreditado pela Cgcre de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CRI. 0056.

Os resultados apresentados no presente documento têm significação restrita e se aplicam somente ao objeto ensaiado ou calibrado. A sua reprodução só poderá ser feita integralmente, sem nenhuma alteração.

SP-100-01-Rev.0

60

TORK Controle Tecnológico de Materiais LTDA.

TORK SP: Rua Cruzeiro, 419 - CEP 01137-000 - Tel/Fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br
TORK BARRA FUNDA: Rua De Ribeiro de Almeida, 201 - CEP 011320-070 - Tel/Fax: (11) 3302-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br



RELATÓRIO DE INSPEÇÃO RADIOGRÁFICA Nº						1979-M / 2020		FL Sheet No:		01/01	
RADIOGRAPHIC TESTING REPORT NR								DATA Date 01.12.2020			
Cliente Customer J.N. DE MELO EIRELI (IMMATEC)											
Obra Job PEDIDO TORK Nº 287871						LOCAL Place METALTEC					
Norma de interpretação: Interpretation Standard ABNT NBR 16161						Procedimento Técnico Inspection Procedure: MTC 021 REV.30					
Equipamento Equipment QUALIFICAÇÃO DE SOLDADOR JODACY ALVES ABSOLON						Material: Material AÇO A36		Processo de Soldagem: Welding Process GMAW			
TIPO DE RADIAÇÃO: Radiation Type RAIOS GAMA						MARCA DO FILME: Film Trade Mark FUJIFILM		TIPO: Type I		REVELAÇÃO Development Process Química	
MARCAIS ISOTOPICOS Isotopic Markings Ir 192						EXPOS. DIANTEIRO: Front Screen 0,005"		TEMPO: Time 5"		TEMPERATURA: Temperature 25°	
POTENCIA KV OU ATIVIDADE: KV / Activity 24,0Ci						EXPOS. TRASEIRO: Back Screen 0,010"		Tempo de VCI 90 FC EM IQ time			
DIMENSÃO EFETIVA DO FOCO: Effective source size 3,0x3,5mm						DEFEITOS/LEGENDAS Defects/Legendas					
NÚMERO DE DENSIDADE: Density Range 2,0 - 3,5 RD						Distância do Objeto até o Filme (mm) Distance from source side of object to film (mm) 9,35mm					
DIET FONTE OBJETO Source to Object distance 760mm						Nº DE FOLHAS POR CASOTE: Number of films per cassette 01					
FILME NO.	POS. NO.	IDENTIFICAÇÃO	Soldadores	E.S.P.	Exp.	Exp.	Exp.	DIAM.	TEC.	Disposição	DEFEITO
Film No.	Position	Identification	Welders	At Base metal	Ref.	Ref.	Ref.	Diameter	Techn.	Disposition	Defects
01	0-1	CP. CPF: 786.733.593-15	-	1/4"	3,0mm	9,35mm		CHAPA PS-VS	X		
Films: 4 1/2"x17" 3 1/2"x17"-1 4 1/2"x8 1/2" 3 1/2"x8 1/2" 14"x17" 14"x8 1/2"											
Cliente/Fabricante/Montador Customer/Manufacturer/Assembler						Inspector METALTEC João Domingos da Silva ENR-24-SAC 05823 ASNT-SNT-TC-1A 2nd P.I. 0-RT 0A					
						 Eng. Leopoldo Borsini de Oliveira Tork Controle Tecnológico					
						01.12.2020					

TORK Controle Tecnológico de Materiais Ltda.

TORK SP: Rua Cruzeiro, 419 - CEP: 01137-000 - Tel./fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br
TORK BARRA FUNDA: Rua Dr. Ribeiro de Almeida, 263 - CEP: 01137-020 - Tel./fax: (11) 3392-3902 - e-mail: tork@laboratorios-tork.com.br