



Joacir Correa Antunes Junior

**ANÁLISE METALGRÁFICA DA JUNTA DE SOLDAGEM EM MATERIAL SAE
1045 COM UMA CHAPA ASTM A1011: UM ESTUDO DE CASO**

Horizontina-RS

2021

Joacir Correa Antunes Junior

**ANÁLISE METALGRÁFICA DA JUNTA DE SOLDAGEM EM MATERIAL SAE
1045 COM UMA CHAPA ASTM A1011: UM ESTUDO DE CASO**

Projeto do Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para o Trabalho Final de Curso na Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina, sob orientação do professor Sirnei César Kach, Me.

Horizontina-RS

2021

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso.

**“ANÁLISE METALOGRÁFICA DA JUNTA DE SOLDAGEM EM MATERIAL SAE
1045 COM UMA CHAPA ASTM A1011: UM ESTUDO DE CASO”**

**Elaborado por:
Joacir Correa Antunes Junior**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 01/12/2021.
Pela Comissão Examinadora

Prof. Me. Sirnei César Kach
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Prof. Me. Francine Centenaro
FAHOR – Faculdade Horizontina

Prof. Dr. Rafael Luciano Dalcin
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS
Ano 2021**

Dedico o presente trabalho à minha família, por sua capacidade de sempre continuar lutando, em especial, minha Mãe D. Loreti, meu Padrasto Seu Paulo, que sempre me apoiaram nos estudos. Também em especial dedico este trabalho à minha Esposa Ana, e meu Filho Lucca, que me motivaram muito a persistir.

Agradeço a Deus, pelo privilégio que tem me dado de estudar nessa instituição e por sempre cuidar de mim nos momentos difíceis.

Ao orientador deste trabalho, Mestre Sirnei César Kach, por sempre me direcionar no melhor caminho, sempre sendo objetivo e claro.

A empresa metalúrgica JAMA Ltda, que forneceu material, laboratório e ajuda para o desenvolvimento do trabalho.

À minha esposa Ana, que sempre me apoiou e motivou para a realização deste trabalho.

“Porque o Senhor dá a sabedoria, e da sua boca vem o conhecimento e o entendimento”.

(Provérbios 2:6).

RESUMO

Com base no avanço da indústria 4.0, é essencial que toda empresa aumente a qualificação e a qualidade de toda manufatura e processo produtivo. Tendo em vista o conhecimento da soldagem dos conjuntos torna-se possível a melhoria da solda, visando reduzir gastos desnecessários e retrabalhos. O principal problema considerado nesse trabalho é a falta de penetração e erro de direcionamento do cordão de solda. Por esse motivo foi realizada uma análise metalográfica das juntas soldadas para entender o contexto, com e sem o uso de um dispositivo para a fixação da tocha. Este trabalho teve como objetivo a realização de ensaios, análise e comparação de resultados da penetração, posição e dureza na ZTA. Para a metodologia, trata-se de pesquisas exploratória e descritiva, sendo então com base um estudo de caso. Como resultados apresenta-se uma melhoria do processo de soldagem bem como a qualidade do cordão, com a utilização do dispositivo de solda durante a análise de posição e penetração de solda. Pode-se concluir com o presente trabalho que a utilização do dispositivo obteve uma melhoria no processo de soldagem.

Palavras-chave: Soldagem MAG. Análise metalográfica. Dispositivo de solda.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: POÇA DE FUSÃO	20
FIGURA 2: TIPOS DE POSIÇÕES DE SOLDAGEM TIPO FILETE	20
FIGURA 3: TIPOS DE POSIÇÕES DE SOLDAGEM TIPO TOPO	21
FIGURA 4: CURVA CARACTERÍSTICA DE FONTES (TC) E (CC).....	23
FIGURA 5: COMPONENTES DO EQUIPAMENTO DE SOLDA	27
FIGURA 6: GEOMETRIA DA SOLDA	29
FIGURA 10: PERFIL DE SOLDA ACEITÁVEL E NÃO ACEITÁVEL.....	29
FIGURA 7: POROSIDADE	30
FIGURA 8: TRINCAS	31
FIGURA 9: MORDEDURA	31
FIGURA 11: ENSAIO METALOGRÁFICO	32
FIGURA 12: LOCALIZAÇÃO DA ZTA	33
FIGURA 13: REPARTIÇÃO TÉRMICA	34
FIGURA 14: INDENTADOR	35
FIGURA 15: ESTÁGIOS ROCKWELL	36
FIGURA 16 (A), (B): MÉTODO VICKERS	37
FIGURA 17: ESPECIFICAÇÃO DO INÍCIO E FIM DE SOLDA	42
FIGURA 18: CORTADORA METALOGRÁFICA	43
FIGURA 19: MÁQUINA POLITRIZ PARA LIXAMENTO.....	43
FIGURA 20: ILUSTRAÇÃO PROCESSO DE LIXAMENTO	44
FIGURA 21 (A): MÁQUINA POLITRIZ PARA POLIMENTO, (B) ALUMINA.....	45
FIGURA 22: LUVA DE PROTEÇÃO	45
FIGURA 23: NITAL 5%	46
FIGURA 24: MICRODURÔMETRO	46
FIGURA 25: PROCESSO DE FABRICAÇÃO	47
FIGURA 26: HASTE 1	47
FIGURA 27: HASTE 2	48
FIGURA 28 (A): BUCHA 1, (B) BUCHA 2	49
FIGURA 29: BUCHA 2 SOLDADA	50
FIGURA 30: BUCHA 3	50
FIGURA 31 (A), (B): DISPOSITIVO DE SOLDA	51
FIGURA 32 (A): GDL DA BUCHA 2, (B): GDL DA HASTE 2 E BUCHA 3	51

FIGURA 33: ITEM SOLDADO NÃO CONFORME.	53
FIGURA 34 (A): FIXAÇÃO 1, (B): FIXAÇÃO 2.	54
FIGURA 35: PARÂMETRO DE SOLDAGEM DE UMA AMOSTRA.	55
FIGURA 36: TESTE REALIZADO.	55
FIGURA 37: RECIPIENTE FECHADO.	57
FIGURA 38: ENSAIO MACROGRÁFICO DO CP 1.	59
FIGURA 39: MACROGRAFIA DO CP 2.	60
FIGURA 40: MACROGRAFIA DO CP 3.	60
FIGURA 41: MACROGRAFIA DE PEÇA SOLDADA COM USO DE DISPOSITIVO.	61
FIGURA 42: MACROGRAFIA DE PEÇA SOLDADA COM USO DO DISPOSITIVO.	62

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: PENETRAÇÃO DE SOLDA.....	15
TABELA 2: PROPRIEDADES FÍSICAS DOS GASES DE PROTEÇÃO	26
TABELA 3: COMPOSIÇÃO QUÍMICA AÇO 1020	38
TABELA 4: COMPOSIÇÃO QUÍMICA AÇO 1045	39
TABELA 5: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CHAPA	39
TABELA 6: PARÂMETROS DE SOLDAGEM.	42
TABELA 7: CUSTO DO DISPOSITIVO.....	56
TABELA 8: DUREZA ZTA	57
TABELA 9: RESULTADOS DOS ENSAIOS MACROGRÁFICOS.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

ASTM - *American Society for Testing and Materials*

AWS – *American Welding Society*

b₁, b₂, b₃, b₄ – Perna 1, 2, 3, 4

CA - Corrente Alternada

CCEN - Corrente Contínua de Eletrodo Negativo

CCEP - Corrente Contínua de Eletrodo Positivo

CP – Corpo de Prova

d² - Média dos Resultados

EPS - Especificação de procedimento de Soldagem

ER - Eletrodo Revestido

eV - *Elétron Volt*

F_o – Força

GDL - Graus de liberdade

GMAW - *Gas Metal Arc Welding*

HB - *Hardness Brinell*

HRC - *Rockwell C*

HV - *Hardness Vickers*

ICC - Corrente de Curto-Circuito

I_s - Taxa de Fusão

KSI – Quilolibra-força por polegada ao quadrado

L₀ - Comprimento do Arco

MAG - *Metal active Gas*

MIG - *Metal Inert Gas*

RQPS- Registro de Qualificação Procedimento de Soldagem

RQS - Registro de Qualificação de Soldador

SAE - *Society of Automotive Engineers*

t - Garganta

Txa - Taxa de Alimentação do Arame

U₀ - Tensão Inicial

U_s - Tensão de Soldagem

x₁, x₂ = Penetração no eixo x

y_1, y_2 = Penetração no eixo y

ZAC – Zona Afetada pelo Calor

ZTA – Zona Termicamente Afetada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 TEMA	14
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	15
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.4 HIPÓTESES	16
1.5 JUSTIFICATIVA.....	17
1.6 OBJETIVOS	18
1.6.1 Objetivo Geral	18
1.6.2 Objetivos Específicos	18
2 REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM	19
2.1.1 Variáveis do Processo na Soldagem	21
2.1.2 Fontes de Potência	22
2.1.3 Consumíveis	24
2.1.4 Equipamentos de solda	26
2.1.5 Geometria do Cordão de Solda	28
2.1.6 Tipos de Descontinuidades	30
2.2 METALOGRAFIA.....	32
2.2.1 Zona Termicamente Afetada.....	33
2.2.2 Ensaio de Dureza.....	35
2.2.3 Dureza Rockwell	35
2.2.4 Dureza Vickers	37
2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS	38
2.3.1 Aço SAE 1020.....	38
2.3.2 Aço SAE 1045.....	39
2.3.3 Aço ASTM A1011 G50	39
2.4 PROCESSO DE USINAGEM DO DISPOSITIVO	40
3 METODOLOGIA.....	41
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	41
3.2 FABRICAÇÃO DO DISPOSITIVO.....	46
3.3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	52

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	53
4.1.1 Funcionamento do Dispositivo	53
4.1.2 Custos de Fabricação	56
4.1.3 Ensaio de Dureza.....	57
4.1.4 Ensaio Macrográfico	58
CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	65
Apêndice A1 – Desenho da Base 1.....	69
Apêndice A2 – Desenho da Base 2.....	70
Apêndice A3 – Desenho da Bucha 1.....	71
Apêndice A4 – Desenho da Bucha 2.....	72
Apêndice A5 – Desenho da Bucha 3.....	73
Apêndice A6 – Desenho da Montagem Final	74
Apêndice B1 – Análise Macrográfica de Solda CP 1.....	75
Apêndice B2 – Análise Macrográfica de Solda CP 2.....	75
Apêndice B3 – Análise Macrográfica de Solda CP 3.....	76
Apêndice B4 – Análise Macrográfica de Solda CP 4.....	76
Apêndice B5 – Análise Macrográfica de Solda CP 5.....	77

1. INTRODUÇÃO

No ramo de indústrias metalúrgicas, se utiliza muito o processo de soldagem, caracterizado como um processo de união de duas ou mais peças. Com isso ocorre à garantia na junta soldada, a continuidade de propriedades físicas, químicas e metalúrgicas das partes unidas. O mesmo é aplicado muitas vezes para diminuir o peso do item, reduzindo seu processo e desperdício de material, tanto para projetos de maior ou menor complexidade, na união de peças metálicas.

Contudo, antes de iniciar um ciclo de soldagem de um item é necessário que o mesmo passe por um processo de aprovação com o cliente, que envolvem documentações como a EPS (Especificação de procedimento de Soldagem), RQPS (Registro de Qualificação Procedimento de Soldagem) e RQS (Registro de Qualificação de Soldador).

Com base nisso, o tema do projeto trata-se de uma análise metalográfica de um conjunto soldado, visando soluções de melhoria na padronização do processo de soldagem. Desta forma analisando o conjunto, podem-se observar alguns problemas e que são os mais recorrentes como, por exemplo, a falta de penetração, excesso de dureza na ZTA (Zona Termicamente Afetada), mordedura na chapa e variação na direção da tocha. A ZTA ou também denominada de ZAC (Zona Afetada pelo Calor) é o local onde ocorrem modificações das propriedades mecânicas ou metalúrgicas, devido ao aquecimento decorrente da operação de soldagem com uma mudança brusca de temperatura.

Para realizar a análise do caso será necessário efetuar ensaios destrutivos nos corpos de prova, e fazer a inspeção do mesmo, verificando se o corpo de prova atende ou não atende os critérios de qualidade do produto.

1.1 TEMA

Este projeto está focado na análise metalográfica de um conjunto soldado, visando soluções de melhoria na padronização do processo de soldagem.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se em realizar análise metalográfica do conjunto soldado, bem como verificação da dureza na camada de ZTA. Este processo de ensaios ocorrerá na empresa Metalúrgica Jama Ltda utilizando materiais SAE (*Society of Automotive Engineers*), SAE 1045, com uma chapa ASTM (*American Society for Testing and Materials*) ASTM A1011 G50. Toda a realização do trabalho foi desenvolvida no laboratório de soldagem, tendo como característica principal do processo de preparação, a soldagem de um pino em uma chapa sob resfriamento parcialmente controlado do corpo de prova.

Também parte do processo ocorreu no laboratório da qualidade, sendo feita a preparação da amostragem como o corte, lixamento, polimento e o ataque químico com a função de revelar a estrutura da solda para realizar suas medições.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O presente trabalho apresenta como problema a falta de penetração, mordeduras e uma dureza na zona termicamente afetada considerada alta e também havendo erro de direcionamento do cordão de solda do conjunto soldado. Segundo GIL (1991), nem todo problema é passível de tratamento científico, é preciso identificar o que é científico daquilo que não é. A natureza científica de um determinado problema é quando se podem envolver variáveis que podem ser tidas como testáveis.

Para a avaliação de penetração de solda, o Tabela 1 Penetração de solda apresenta que é analisado 10% do material mais fino para espessura até 10 mm, acima da espessura de 10 mm o mesmo é considerado no mínimo 1 mm de penetração.

Tabela 1: Penetração de solda

CHAPA (mm)	PENETRAÇÃO (mm)
2,65	0,26
3,75	0,37
4,75	0,47
6	0,6

8	0,8
9,52	0,95
12,7	1
15,8	1
19 >	1

Fonte: O autor, 2021.

Se uma chapa possuir a medida de espessura com 8 mm, e o eixo que será soldado junto a chapa possuir um diâmetro de 20 mm, o percentual de penetração será de 0,8 mm na direção do eixo e na direção da chapa, sendo assim, o item será aprovado. No caso da mordedura, essa não deve possuir mais que 0,5 mm de profundidade para garantia de aprovação do resultado.

A dureza na ZTA dos itens não pode chegar a 45 HRC (*Rockwell C*). Para aprovação de um item soldado, muitas vezes é necessário efetuar o corte em mais de 1 corpo de prova para validar o processo de solda dos conjuntos. O maior problema encontrado nos itens de produção, é a falta de penetração de solda dos conjuntos analisados, acompanhados de um erro relacionado ao direcionamento do cordão de solda.

Com base nos problemas citados acima ocorre o seguinte questionamento: ensaios de materiais, verificação do comportamento do processo e análise da soldagem, utilização de dispositivos, podem ser soluções efetivas para que os resultados obtidos garantam uma melhoria no processo de solda?

1.4 HIPÓTESES

Com base no problema de pesquisa surgem as hipóteses de solução do caso. Ambos, problema e hipótese são enunciados de relações entre variáveis, à diferença reside em que o problema constitui sentença interrogativa e a hipótese sentença afirmativo. LAKATOS, (1991).

Hipótese é uma tentativa de oferecer uma possível solução mediante a uma proposição, podendo ser declarada ou dada como expressão verbal verdadeira ou expressão verbal falsa. GIL, (2002).

Para o presente trabalho as hipóteses são as seguintes:

- Efetuar a troca do material (insumo) de adição na soldagem;

- Trocar o gás de proteção;
- Criar um dispositivo de fixação da tocha para maior uniformidade do cordão.

A troca de insumo pode ser aplicada para uma redução de dureza na zona termicamente afetada quando a gradiente de dureza chega ou ultrapassa os 45 HRC. Desta forma, cria-se uma estrutura muito dura com risco de uma possível trinca ou quebra com o esforço da peça em campo.

A troca de gás de proteção pode ser feita para o item que eventualmente não obtém a penetração necessária, sendo que a alteração do gás de proteção faz com que a área soldada receba mais calor, como consequência um aumento de depósito de material.

Contudo, não se resolvem todos os problemas de pesquisa que obtém um erro de direcionamento do cordão. Na tentativa de reduzir o erro do operador e para auxiliá-lo, surge a hipótese da criação de um dispositivo para a fixação da tocha, facilitando o processo de soldagem.

1.5 JUSTIFICATIVA

Este trabalho foi desenvolvido numa empresa metalúrgica localizada no Rio Grande do Sul, RS e justifica-se a necessidade de analisar o processo de soldagem MAG, em função da recorrência de problemas característicos. A verificação está sendo aplicada a partir da análise metalográfica no conjunto soldado em aço SAE 1045 e ASTM A1011.

Na referida empresa, perceberam-se as falhas quanto à qualificação do processo de soldagem, sendo muitas vezes necessário realizar o corte de mais de uma peça do lote para poder dar a sequência no processo com aprovação do mesmo. Ocorrendo isso, o item fica em estado de espera até que se prove a amostra, somente então podendo dar continuidade na manufatura do restante do lote, ocasionando perda de produtividade.

Desta forma, este projeto busca contribuir com a empresa, pois através dessa análise entende-se que possui possibilidades de melhorar o processo de solda desse conjunto. Há um direcionamento para redução do tempo gasto no laboratório de análise, sendo que não precisará efetuar cortes em mais de um corpo de prova e também será criado um dispositivo para fixação da tocha. Além disso, a

produtividade do operador deverá ser melhorada por conta das ações que se espera aplicar com base nos resultados de ensaios.

Com base nas hipóteses apresentadas e tendo viabilidade de implementação, gera-se a possibilidade do aumento de qualidade do produto, eficiência e qualidade no cordão e ainda o aumento da produtividade do operador. Outro fator relevante a considerar é que pode haver melhoria na posição de soldagem, reduzindo o risco de haver penetração só no eixo e não haver penetração na chapa.

Todavia ao mesmo tempo o trabalho contribui para o acadêmico formando da instituição FAHOR, pois fará o desenvolvimento de um estudo aprofundado do seguinte caso e contribuirá com a empresa Metalúrgica Jama Ltda na solução do problema encontrado.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

Melhorar o processo de soldagem nos aços SAE 1045 com chapa ASTM A1011 para que não ocorra mais o erro de posição e que não falte mais penetração na solda, facilitando o trabalho para o soldador tendo como consequência um ganho real de aumento de produtividade.

1.6.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos constituem-se em analisar por meio de metalografia, o processo de solda já citado no referido trabalho e os respectivos materiais para ensaios previstos no estudo:

- Ensaiar, analisar e comparar os resultados da penetração, com e sem dispositivo;
- Ensaiar, analisar e comparar os resultados da posição de soldagem com e sem dispositivo;
- Comparar os resultados da ZTA com a alteração do arame e gás.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste tópico será apresentada a revisão da literatura referente ao processo onde estarão sendo descritos equipamentos, materiais, consumíveis, processos e demais demandas para efetivação de resultados perante a necessidade do item em estudo.

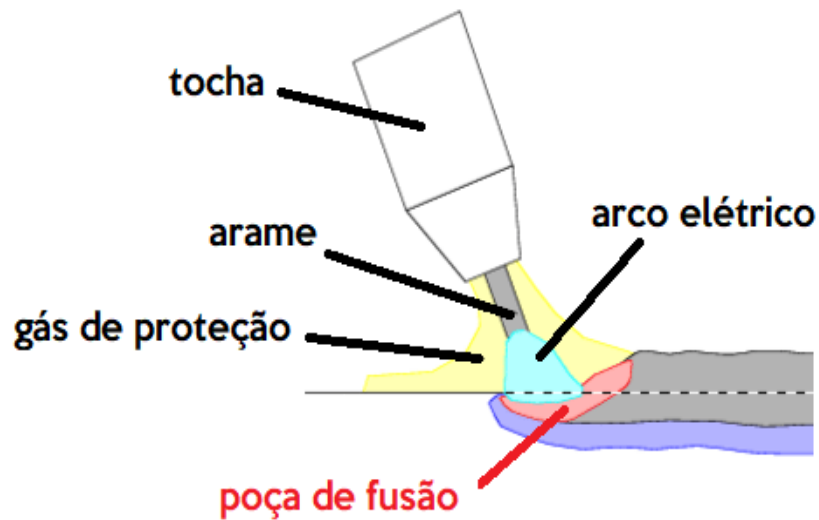
2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM

De acordo com ESAB (2021), a soldagem MIG que foi introduzida no ano 1920, e tornado comercialmente viável após 1948. Inicialmente o processo foi empregado com um gás de proteção inerte na soldagem do alumínio. Posteriormente foi empregada em uma ampla gama de materiais além do uso de gases de proteção reativos ou ativos como, argônio, nitrogênio hidrogênio, dióxido de carbono e oxigênio e misturas. Esse desenvolvimento posterior levou à aceitação formal do termo GMAW (*Gas Metal Arc Welding*).

De acordo com Altshuller (1998), o processo MIG em relação ao nível de atividade do gás de proteção o gás (Ar ou He) não reage metalurgicamente com a poça de fusão, atuando apenas na proteção destas regiões. O processo MAG, o gás (CO₂) ou mistura (Ar+CO₂ ou Ar+CO₂+O₂), reage metalurgicamente com a poça de fusão.

Para Santos (2015), a soldagem MIG/MAG usa a energia do arco elétrico como fonte de calor, para conduzir o arame alimentando até chegar a metal base. O calor gerado na reação funde a área onde se encontra o eletrodo e se deposita em uma poça na superfície do metal de base formando a solda. Sendo esse de maneira automático, onde o deslocamento da tocha é executado mecanicamente por um equipamento, ou semiautomático, quando o deslocamento da tocha é feito pelo operador. Para melhor entendimento a Figura 1 ilustra a poça de fusão gerada através do processo de solda.

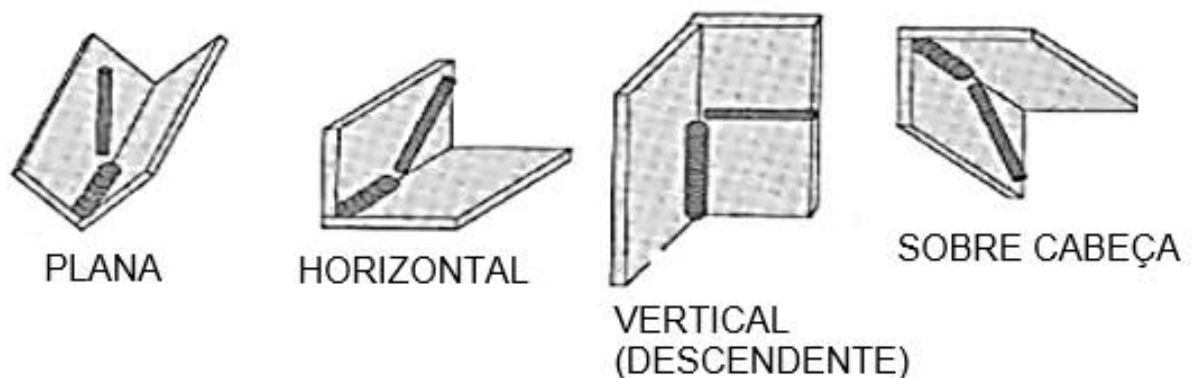
Figura 1: Poça de fusão



Fonte: Aventa, 2019

A posição da peça a ser soldada e do eixo da solda determina a posição da soldagem, que pode ser plana, horizontal, vertical ou sobre cabeça, sendo classificadas quando a soldagem é do tipo filete como 1F, 2F, 3F, 4F de acordo com a Figura 2, diferentes tipos de posições de soldagem tipo filete. (FURLAN, 2014).

Figura 2: Tipos de posições de soldagem tipo filete



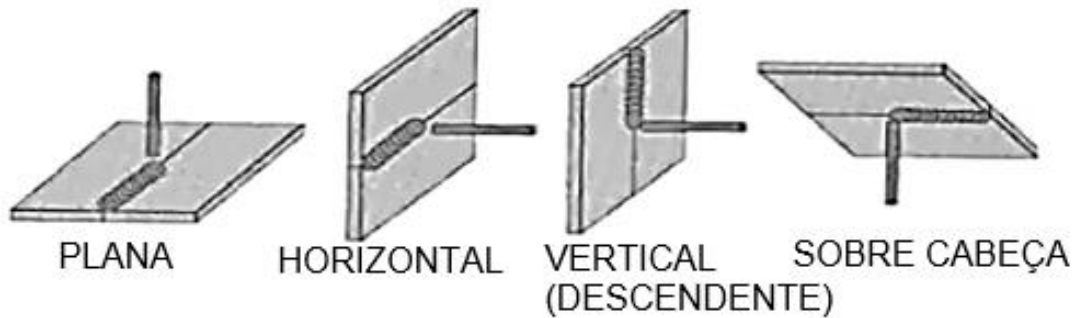
Fonte: Furlan, 2014

De acordo Furlan (2014), a Figura 2 a posição plana corresponde a posição de solda 1F, enquanto a posição horizontal 2 F, vertical descendente possui a posição 3F e por último a posição 4F é a posição sobre cabeça.

Já o tipo de posição 1G, 2G, 3G, 4G, é utilizado quando se refere à soldagem do tipo Topo, conforme a Figura 3, ou seja, a imagem está caracterizada como a

plana é a posição 1G, a horizontal é a 2G, sendo vertical 3G e a sobre cabeça 4G. (FURLAN, 2014).

Figura 3: Tipos de posições de soldagem tipo topo



Fonte: Furlan, 2014

Este processo de soldagem proporciona muitas vantagens na soldagem semiautomática e automática, como também é muito usado na soldagem robotizada e produz soldas com qualidade, limpas sem escória, pouco respingos e altas taxas de deposição com baixo custo. (MACHADO, 1996).

De acordo com Machado (1996), uma das principais vantagens que o processo possui é a versatilidade de soldagem em todas as posições e possibilidade de adaptação à automação. E uma das suas maiores desvantagens é que com o uso da alta velocidade de resfriamento pode ocasionar o surgimento de trincas.

2.1.1 Variáveis do Processo na Soldagem

De acordo com Alves (2009), a utilização e a escolha correta dependerão do conhecimento das variáveis envolvidas na operação de soldagem que podem influenciar nos resultados finais de uma soldagem como, estabilidade do arco, e alguns defeitos, como acabamento da solda, falta de penetração, cordão de solda, impactando diretamente na qualidade do produto final.

Ainda Alves (2009), a corrente de soldagem para a velocidade de alimentação do arame é a variável que controla a corrente de soldagem. A fonte de energia de tensão constante compensa a quantidade de calor necessária para fundir o arame de solda mantendo a tensão e comprimento de arco escolhida.

Segundo Shi, *et al* (2008), um acréscimo na velocidade de alimentação do arame, com todos os outros parâmetros constantes, requer que mais eletrodo seja fundido na mesma unidade de tempo, para se manter a mesma voltagem e resultante comprimento do arco. Se todas as variáveis estiverem mantidas de forma constantes, um acréscimo na corrente de soldagem (velocidade de alimentação) resultará em uma profundidade maior de penetração, aumento da taxa de deposição e aumento das dimensões do reforço do cordão de solda.

Para Allen, *et al* (2002), a velocidade de soldagem é um valor linear no qual o arco desloca ao longo da junta soldada em uma unidade de tempo. A penetração aumenta com a diminuição da velocidade e muda a geometria do cordão, ficando mais largo o cordão de solda. Aumentando a velocidade de soldagem há tendência de ocorrer mordeduras na interface do cordão da solda, pois existe insuficiente deposição de material de adição.

Para Machado (1996), a tensão de soldagem influencia no insumo de calor e apresenta uma relação direta com o comprimento do arco e a largura do arco, todavia dada uma corrente, uma tensão, se for baixa provocará cordões com maior penetração e mais estreitos, visto que é o oposto acontecendo para as tensões altas, ocasionando a surgimento de porosidades, salpicos grosseiros e mordeduras. A tensão varia conforme a distância, uma maior tensão no arco, maior será a distância da ponta do arame em relação à poça de fusão.

2.1.2 Fontes de Potência

De acordo com Alves (2009), o avanço da informática e eletrônica com a disponibilidade de programas (*software*) tendo velocidade de processamento cada vez maior, possibilitaram o desenvolvimento, de fontes de soldagem eletrônicas com controle sobre a dinâmica de resposta, que é a flutuação da corrente, tensão e velocidade de alimentação do arame em função do tempo.

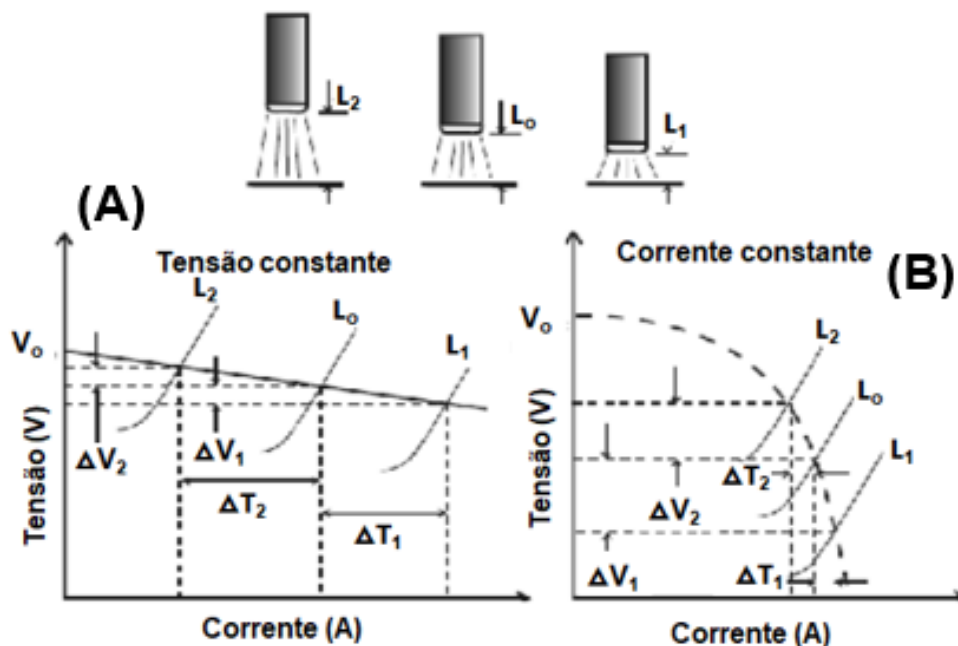
Segundo Barra (1998), o presente controle torna viável o melhoramento, junto com o desenvolvimento e a inserção de novas variantes na soldagem:

- O mais crítico para a soldagem do alumínio e suas principais ligas, tem o controle no processo de abertura do arco.
- Imposição de corrente pulsada com forma de onda próxima do formato retangular.

- Soldagem em CA (Corrente Alternada).
- A redução do nível de salpicos no momento do curto-circuito, através do controle da potência liberada por um controle do efeito indutivo ou do controle do patamar da ICC (Corrente de Curto-Circuito).

Conforme Alves (2009), existe a possibilidade do emprego de fontes eletrônicas ou fontes retificadoras (convencionais). A tensão em vazio U_0 (Tensão Inicial), também chamada de tensão de circuito aberto. Situada na ordem de 70 V (com valor máximo normalizado de 100 V). Em regime, este valor decresce para o patamar da U_s (Tensão de Soldagem), também chamado tensão do arco que varia de 15 a 40 V. A característica do arco determinará qual o tipo de fonte a ser utilizada como é mostrado na Figura 4.

Figura 4: Curva característica de fontes (TC) e (CC)



Fonte: Barra, 1998

A Figura 4 do “lado a”, representa o chamado controle interno da variação com nomenclatura de distância entre o bico de contato e a peça, provocará uma mudança no L_0 (Comprimento do Arco) em relação a condição de equilíbrio, além de uma alteração na I_s (Taxa de Fusão), para manter o comprimento do arco constante alterando a projeção do arame, sem alteração na velocidade de alimentação do arame. (ALVES, 2009).

Ainda Alves (2009), as vantagens de se utilizar uma fonte retificadora é a prevenção de fusão do bico de contato e a manutenção da condição de equilíbrio. As desvantagens deste tipo de característica estática podem-se destacar a variação no aporte térmico, gerando perfis diferenciados na penetração e na ZTA.

De acordo com Johnsen, *et al* (2006), a dificuldade na abertura do arco é ocasionada pela não elevação da corrente de soldagem, no momento em que o arame toca o metal de base. Para facilitar a abertura do arco emprega-se um alimentador (*slow-run-in*), que possui um avanço lento do arame durante o processo de formação do arco elétrico, gerando automaticamente a manutenção da velocidade de alimentação do arame.

2.1.3 Consumíveis

Segundo Marques, Modenesi e Bracarense (2009) os principais consumíveis utilizados no processo de soldagem são o gás de proteção, o arame-eletrodo, e, em alguns casos, a utilização de um líquido contra adesão a respingos na tocha e regiões próximas da solda, contando com um sistema de alimentação do arame em conjunto com um tipo específico de tocha de soldagem, rolo de arame, sistema de arrefecimento da tocha, suprimento externo de gás ou misturas, devidamente acompanhado de reguladores de pressão e vazão.

Conforme Santos (2015), os arames ER 70S3 e ER 70S6 tem uma fina camada de revestimento em cobre para melhorar as condições de condutividade elétrica à resistência e à oxidação no acondicionamento do arame e desoxidação do metal de solda. A composição química dos arames de eletrodo revestido, o arame ER 70 S-6 se comparado ao arame ER 70 S-3, possui o mesmo revestimento de cobre, enxofre e fósforo, porém possui menor teor de carbono e possui maior teor de manganês e silício, sendo mais resistente a oxidação e possuindo mais condutibilidade térmica, desenvolvendo uma melhor poça de fusão, conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Especificação dos arames sólidos

AWS	Gás de Proteção	Aplicação
ER 70 S-3	CO ₂ Misturas (Argônio + CO ₂) (Argônio + O ₂)	Para a soldagem de aços de alta qualidade para aços e semiacalmados efervescentes. OBS: Para os aços acalmados, os melhores resultados são obtidos através da mistura de gases.
ER 70 S-6	CO ₂ Misturas (Argônio + CO ₂) (Argônio + O ₂)	Para a realização da soldagem de alta qualidade e solda de alta velocidade, junto com alta corrente na maioria dos aços carbonos.

Fonte: Santos, 2015

De acordo com a aplicação, o mais recomendado é o que a empresa já utiliza, sendo o de nomenclatura ER 70 S-6, pois a soldagem é de alta velocidade e também alta corrente de amperagem, sempre visando a produtividade na soldagem dos conjuntos (SANTOS, 2015).

De acordo com Machado (1996), o conhecimento básico das propriedades dos gases de proteção ocasionará a melhor escolha para uma aplicação de soldagem, sendo utilizada a melhor mistura de gás e qualidade, também, reduz os custos com retrabalhos e aumenta a produtividade. O gás de proteção possui o poder de influenciar diretamente no resultado na operação de soldagem, pois a sua função é proteger a poça de fusão da atmosfera, nitrogênio e oxigênio na formação de óxidos e nitretos. Quando ocorre a contaminação do metal de solda pode resultar em baixa resistência e ductilidade, podendo ocorrer falta de fusão e porosidade.

Ainda Machado (1996), o gás de proteção influencia diretamente em muitas características no processo de soldagem, todavia, é necessário escolher o gás correto para uma determinada aplicação. A versatilidade dos processos faz com que seja utilizado em inúmeras aplicações tanto automático como semiautomático.

De acordo com a Tabela 2 as Propriedades físicas dos gases de proteção são: massa molecular, gravidade específica, densidade e potencial de ionização.

Tabela 2: Propriedades físicas dos gases de proteção

GÁS	Símbolo Químico	Massa Molecular (g/mol)	Gravidade Específica (a)	Densidade (g/l)	Potencial de Ionização (eV)
Argônio	Ar	39,95	1,38	1,784	15,7
Dióxido de Carbono	CO ₂	44,01	1,53	1,978	14,4
Hélio	He	4	0,1368	0,178	24,5
Hidrogênio	H ₂	2,016	0,0695	0,09	13,5
Nitrogênio	N ₂	28,01	0,967	12,5	14,5
Oxigênio	O ₂	32	1,105	1,43	13,2

Fonte: ASM Handbook, 1993

O potencial de ionização é a energia expressa em eV (*Elétron Volt*), sendo necessária para remover um elétron de um átomo de um gás, tornando o átomo estável, mantendo-se todos os outros fatores constantes, o valor do potencial de ionização decresce quando o peso molecular do gás aumenta. (ASM HANDBOOK, 1993).

Para Machado (1996), a principal finalidade do gás proteção na soldagem é proteger a solda da contaminação atmosférica. De acordo com a Figura 6 as diversas reações podem causar (descontinuidade) como, porosidade, inclusão de escoria. A penetração e perfil do cordão de solda com os diferentes tipos de gases de proteção para a soldagem. A escolha do gás de proteção também impacta no parâmetro de velocidade de soldagem, a propriedades mecânicas do metal de solda, bem como a tendência a mordedura.

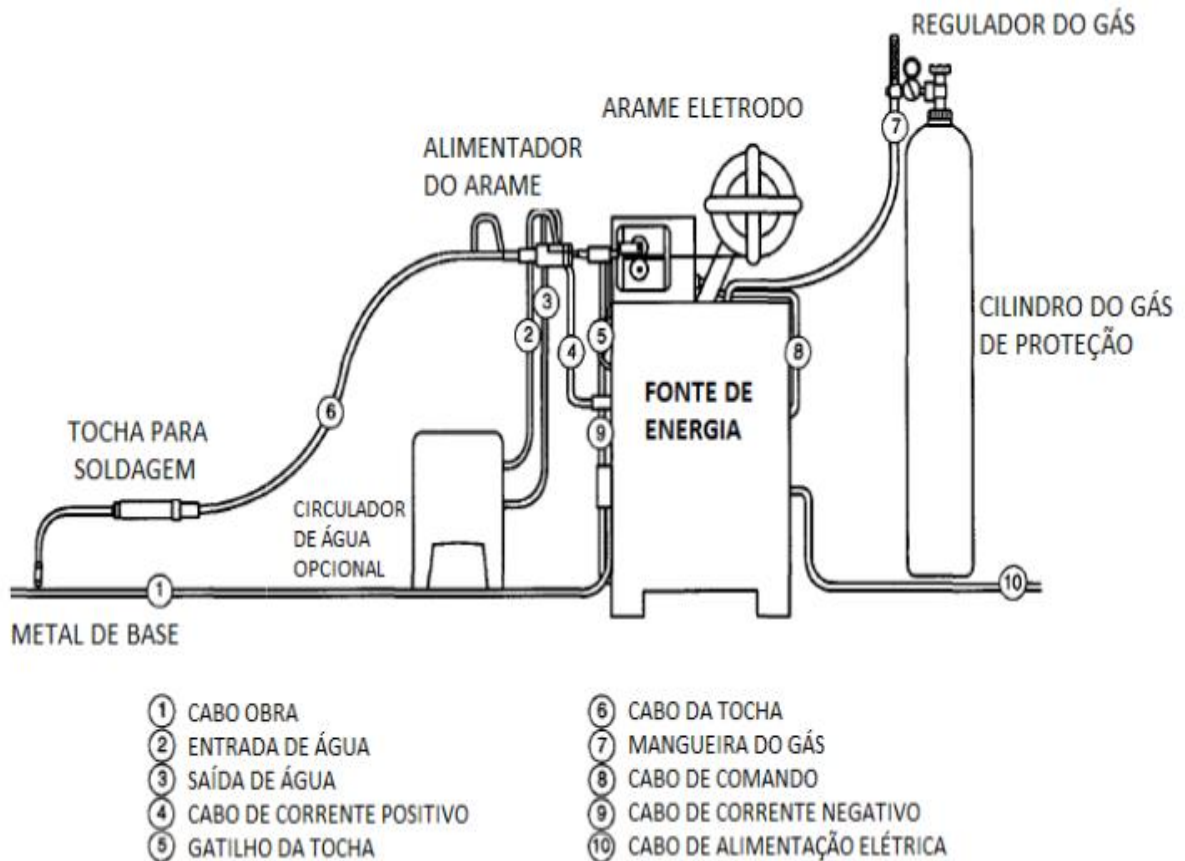
2.1.4 Equipamentos de solda

O equipamento para soldagem possui uma fonte de energia, um transportador de arames, uma pistola ou tocha de soldagem, cabos, arame-eletrodo, gás de proteção e material de proteção. (SANTOS, 2015).

Segundo Anderson (2006), a fonte de soldagem em CCEP (Corrente Contínua de Eletrodo Positivo) que é usada na maioria das aplicações ou CCEN (Corrente Contínua de Eletrodo Negativo) podendo ser utilizado em algumas

aplicações por apresentar instabilidade no arco e menor penetração da solda de acordo com a Figura 5.

Figura 5: Componentes do equipamento de solda



Fonte: Sumig, 2018.

Segundo Wainer, Brandi e Mello (1992), esse mecanismo funciona de uma maneira bem simples, primeiro ligue o aparelho na fonte de energia, em seguida, pressiona a tocha ou pistola e fará com que a bobina do eletrodo gire fazendo o alimentador de arame despachar arame para fora da pistola e assim como consequência acionar o gás de proteção.

Conforme Anderson (2006), existe duas configurações quanto à localização do alimentador de arame, ou seja, alimentadores separados da fonte ou alimentadores que são acoplados na fonte. Como funções básicas do par alimentador/tocha podem-se enumerar:

- A transferência de corrente da solda para o arame o mais perto possível do arco elétrico, ou seja, bico de contato.
- Possuir o controle de velocidade do avanço do arame, com objetivo de uma uniformidade no valor de l_0 (igualdade entre a I_s e a T_xa (Taxa de Alimentação do Arame)).
- Distribuição do gás de proteção sendo de forma mais uniforme na região onde ocorre o arco elétrico.

Também se obtêm a seguinte classificação, quanto ao modo de alimentação do arame:

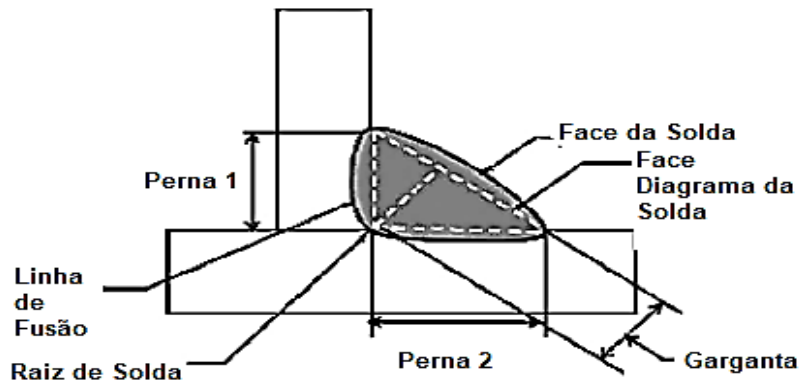
- A combinação do alimentador e tocha sendo do tipo *push* (empurra), o arame é empurrado no alimentador em direção à tocha para a realização da solda.
- Possui a combinação do alimentador com tocha do tipo *pull* (puxa), sendo o arame puxado pelo alimentador.
- O mais completo é a combinação de alimentador com a tocha do tipo *push-pull* (empurra-puxa), cujo, as características estão unidas nos dois sistemas de combinação anteriores.

O sistema *push* apresenta como problema a utilização de tocha longa e arame muito dúctil, que pode enrolar após a passagem pelos rolos de tração, já o sistema *pull* tem como falha de ser afetado pelo atrito entre o arame e o conduíte. O sistema mais completo *push-pull* com menor risco de falhar permite a soldagem de materiais de grande comprimento com maior flexibilidade de operação. (ANDERSON, 2006).

2.1.5 Geometria do Cordão de Solda

Conforme a AWS D1.1 (2004), a soldagem em filete na junta “t”, a forma do cordão de solda e penetração é governada pela geometria do cordão, que desempenha a resistência mecânica da junta. Para obter soldas com qualidade, é essencial ter um controle sobre o processo em relação aos parâmetros, para obtenção da geometria da solda. A Figura 6, nos mostra o detalhe da junta “t”.

Figura 6: Geometria da solda

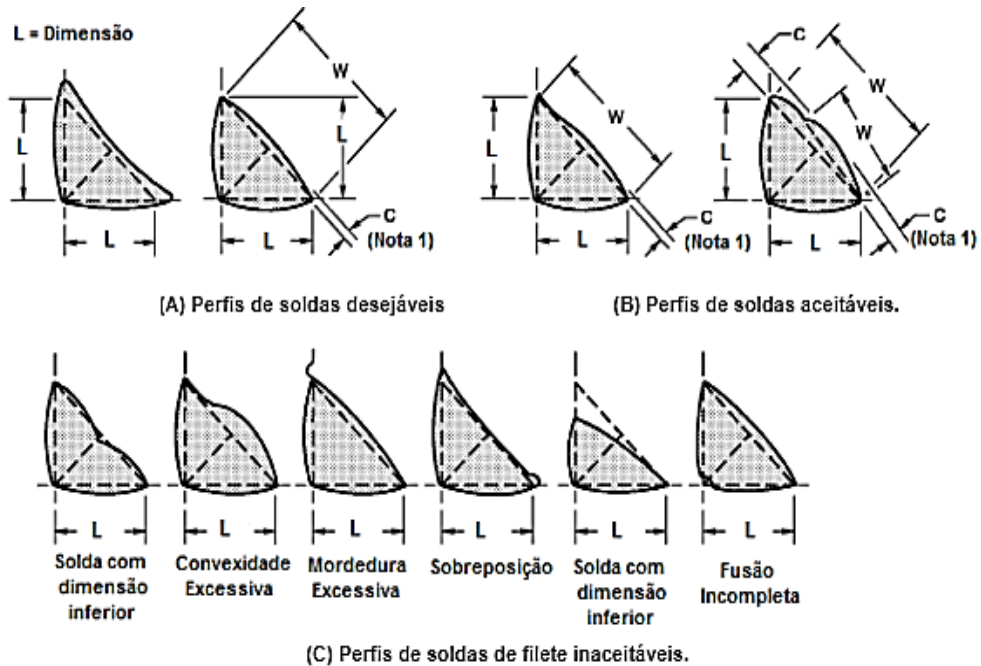


Fonte: AWS D1. 1, 2004

A solda de filete é dimensionada pelo tamanho das b_1 e b_2 (Pernas), pelo maior triângulo isóscele inscrito na área da secção transversal da face da solda. A t (Garganta), sendo a secção resistente da junta, é definida pela menor distância entre a raiz da junta até a face diagramática da solda. (AWS D1. 1, 2004).

Ainda a AWS D1. 1, (2004), o perfil final da solda pode ter efeitos consideráveis no desempenho da junta, que pode ficar abaixo da sua resistência, perfis com um passe ou perfis com mais de uma camada tem tendência de produzir soldas com defeitos, de acordo com a Figura 10.

Figura 7: Perfil de solda aceitável e não aceitável



Fonte: AWS D1. 1, 2004

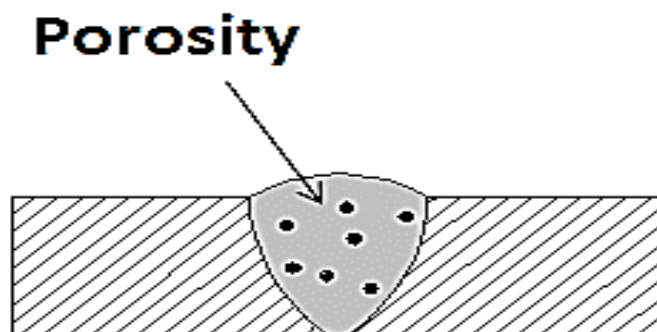
Conforme a Figura 10 existe diferentes tipos de defeitos relacionados ao perfil do cordão como: solda com dimensão inferior, convexidade excessiva, mordedura excessiva, sobreposição, solda com dimensão inferior e fusão incompleta. A Sobreposição das soldas, por exemplo, ocorre num aumento do metal de solda mais afastado da interface do cordão. Tais condições ocasionam e tendem a produzir um entalhe gerando concentradores de tensão e reduzindo o tamanho efetivo do filete. (AWS D1.1, 2004).

2.1.6 Tipos de Descontinuidades

Segundo Alves (2009), com o aumento da produção torna-se necessário a criação de métodos de inspeção do modo que, a norma representa os requisitos mínimos de tolerâncias para qualidade da solda para satisfação do cliente.

A porosidade é uma descontinuidade tipo uma cavidade formada pelo aprisionamento de gás durante a solidificação. A porosidade na solda é formada enquanto o metal fundido da solda está solidificando, contendo gases dissolvidos acima do limite de solubilidade no metal, a Figura 7 ficará mais claro um exemplo de porosidade. (ALVES, 2009).

Figura 8: Porosidade



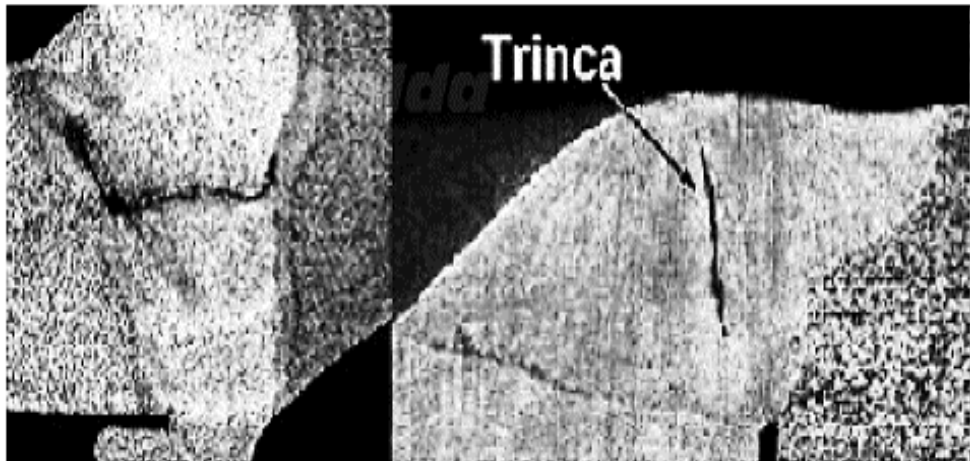
Fonte: Binzel, 2019

Segundo Binzel (2019), esta falha de porosidade pode ser corrigida fazendo a limpeza dos materiais antes de começar a efetuar a soldagem, bem como utilizar a distância correta do arco elétrico e verificar a pressão e o fluxo de gás.

Conforme Alves (2009), o principal fator para ocorrer uma trinca é quando a dureza combinada com altas taxas de resfriamentos produz condições de fragilidade

que aumentam o surgimento de trincas, conforme a Figura 8 o exemplo de trincas (crateras) numa peça.

Figura 9: Trincas

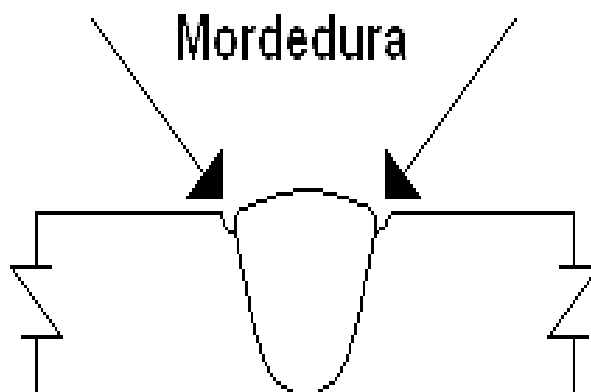


Fonte: César, 2018

Outros fatores que propiciam o surgimento de trincas nas juntas são restrições na junta, seu perfil sendo impróprio o cordão, absorção de hidrogênio e contaminantes no material. (CÉSAR, 2018).

Durante o processo de soldagem, a cavidade no metal base pode ocorrer próximo da interface da solda seguido por uma subsequente solidificação no metal de solda, sem que o desnível esteja preenchido, a Figura 9 nos mostra este desnível. (JACOB, 2017).

Figura 10: Mordedura



Fonte: Jacob, 2017

Segundo Mashiri, *et al* (2001), à alta energia de soldagem formada em soldagens totalmente mecanizadas, ocasiona mordeduras no filete de solda na posição horizontal, portanto, o metal de solda para as chapas denominadas verticais escorre antes de solidificar sem ter concluído a forma requerida no cordão de solda.

2.2 METALOGRAFIA

Segundo a Rijeza (2021), a metalografia é visto como o ramo da metalurgia física, que examina e determina a estrutura e a constituição dos metais, ligas e materiais, observando sua microestrutura, podendo analisar o tamanho de grão do material, bem como prever o comportamento de fratura do material. Para o ensaio metalográfico é necessário realizar um corte na peça, ou seja, um ensaio destrutivo, visto que somente a seção é analisada visando um melhor entendimento a Figura 11 revelara como será feito o ensaio metalográfico.

Figura 11: Ensaio Metalográfico



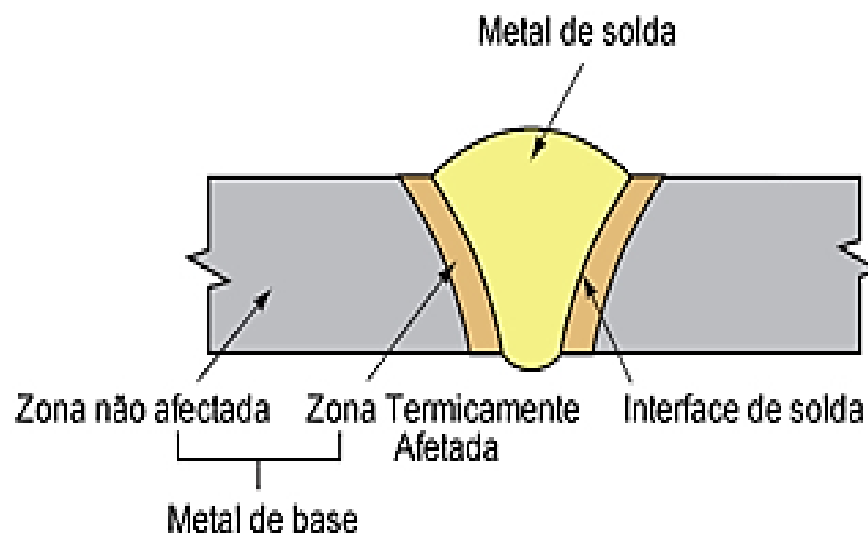
Fonte: Adaptado de Rijeza, 2021

Na maioria dos casos a seção é obtida através do corte no material, levada para o processo de embutimento do corpo de prova, para facilitar as etapas de lixamento e polimento. (RIJEZA, 2021).

2.2.1 Zona Termicamente Afetada

De acordo com Villani, Modenesi e Bracarense (2011) a maior parte dos processos de solda é acompanhada de um aquecimento localizado e/ou deformação plástica, gerado pela poça de fusão, porém nem sempre se obtêm a formação de estrutura desejável ou adequada para a ocasião, sendo que a transformação no geral depende da solidificação e do resfriamento após o processo de soldagem, conforme a Figura 12.

Figura 12: Localização da ZTA



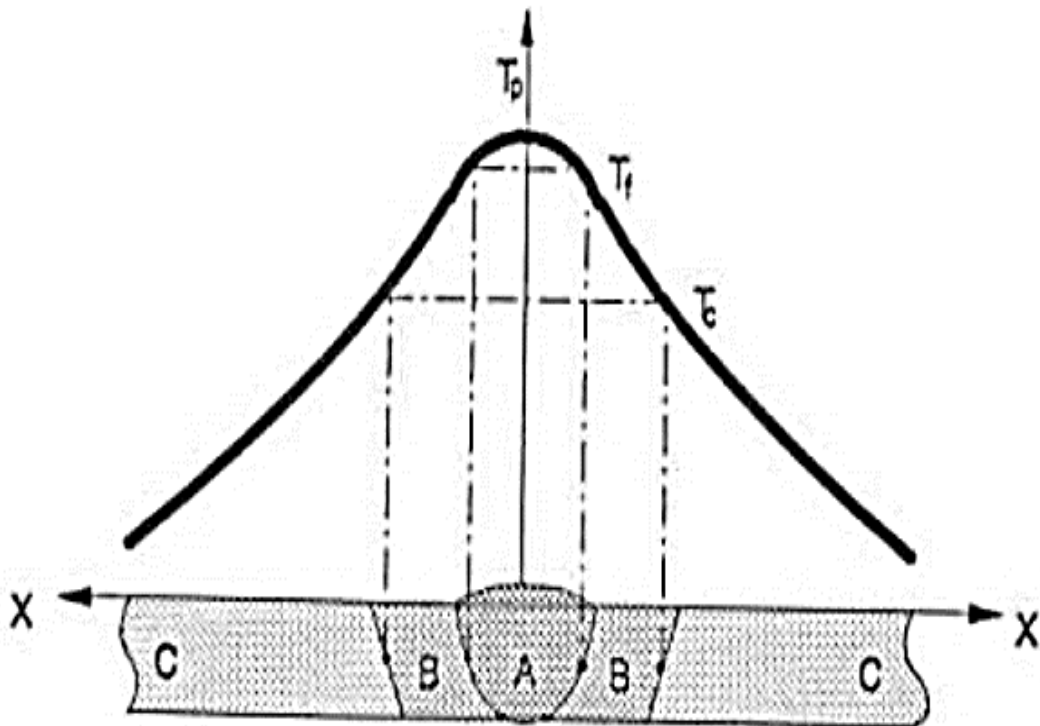
Fonte: Kobelco, 2021

A ZTA é a região do material de base que não sofreu fusão durante a soldagem, mas que com a alta temperatura teve suas propriedades mecânicas e arranjos estruturais modificados, gerando um crescimento de grãos, e em uma região mais distante do centro do cordão de solda. Nas regiões mais distantes, onde a temperatura foi menor, não há alteração no tamanho de grão, mas, foi recebido calor de forma suficiente para diminuir a dureza da sua região e eliminar os efeitos de um possível encruamento. (WEMAN, 2012).

Segundo Schneiders (2019), durante o processo de resfriamento da solda, a T_p (Temperatura de Pico) de cada ponto da peça depende da distância do ponto até o centro do cordão de solda.

Conforme Machado (1996), a curva de repartição térmica é o gráfico as temperaturas de pico em função da distância do ponto ao centro do cordão de solda e a velocidade de resfriamento depende apenas da temperatura inicial da peça a ser soldada, todavia, quanto mais temperatura, maior será a curva de repartição térmica, de acordo com a Figura 13.

Figura 13: Repartição térmica



Fonte: ESAB, 2004

Segundo Schneiders (2019), os fatores que podem influenciar a curva repartição térmica são eles: tipo de material de base, geometria e espessura da junta.

- Material base – Afeta a capacidade de condutibilidade térmica;
- Geometria – A junta de Topo tem menos direções para condutibilidade de calor do que a geometria de junta T, logo, a velocidade de resfriamento será mais lenta;
- Espessura – quanto menor a espessura, menor sua velocidade e quanto maior a espessura, maior também será a velocidade de transferência de calor até a espessura crítica.

2.2.2 Ensaio de Dureza

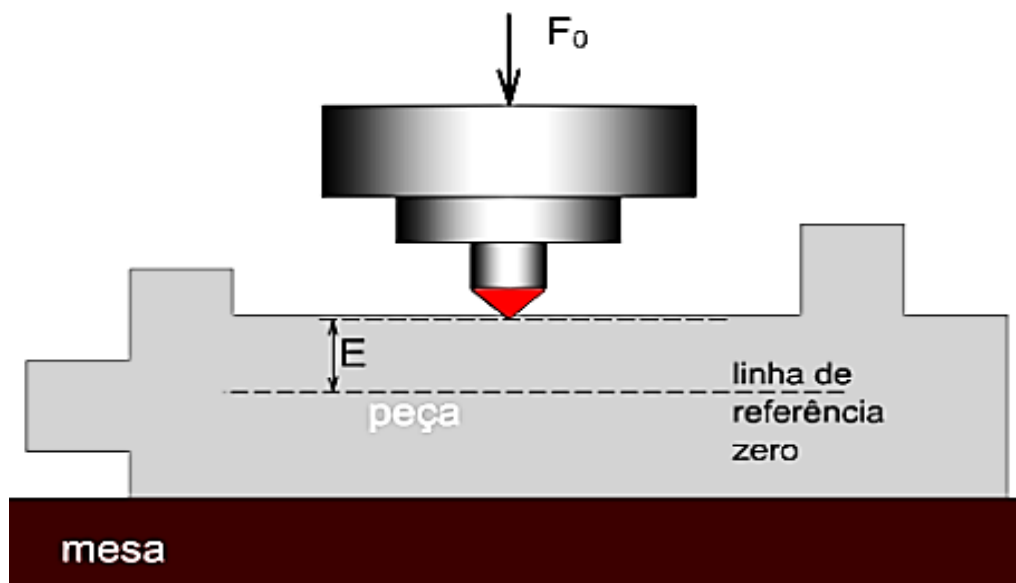
A dureza é uma resistência que o material apresenta ao ser pressionado por outro material ou por marcadores padronizados. O ensaio de dureza consiste na impressão de uma pequena marca na superfície do material pela aplicação de pressão com uma ponta de penetração. (GARCIA, SPIM e SANTOS, 2012)

Segundo Callister e Rethwisch (2016), os ensaios de dureza se comparados a outros tipos de ensaios mecânicos são realizados com maior frequência, sendo mais baratos e simples, não sendo necessário o corte do corpo de prova para a realização da medição, ou seja, não é um teste destrutivo.

2.2.3 Dureza Rockwell

De acordo com Callister e Rethwisch (2016) os ensaios Rockwell que a Figura 14 nos mostra, constitui em um método mais utilizado para medir a dureza, pois são de simples execução e não exigem muita habilidade especial, podendo ser aplicadas várias escalas diferentes a partir de combinações possíveis de vários indetadores, também chamadas de ponteiros, para aplicação de diferentes cargas para que possam ser realizadas todas as medições possíveis de materiais.

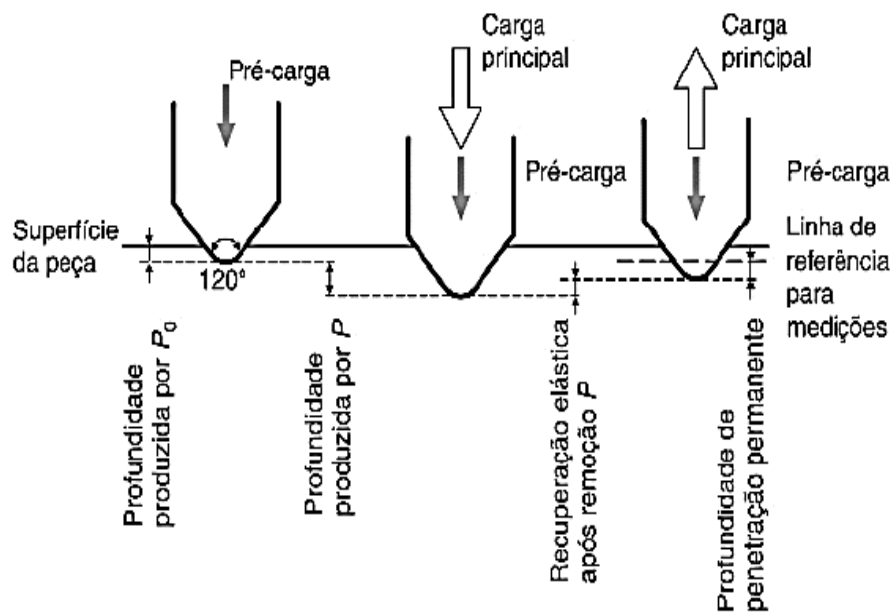
Figura 14: Indentador



Segundo Schneiders (2019), a Figura 14 é denominada com F_0 (Força), cujo método Rockwell possui como princípio de funcionamento uma aplicação de uma força que será em sentido de Z, para entrar em contato com a peça, para isso, usa-se um penetrador de diamante esferocônico com ângulo de 120° e ponta com raio de 0,2 mm ou com penetrador de aço de elevada dureza.

De acordo com Garcia, Spim e Santos (2012) o ensaio de dureza Rockwell ocorre por meio de uma força aplicada em dois estágios, cujo primeiro é uma pré-carga e o segundo uma carga complementar, sendo que as duas cargas acabam se somando formando uma só carga, ou seja, a carga total aplicada, a Figura 15 apresenta os dois estágios no método Rockwell.

Figura 15: Estágios Rockwell



Fonte: Garcia, Spim e Santos (2012)

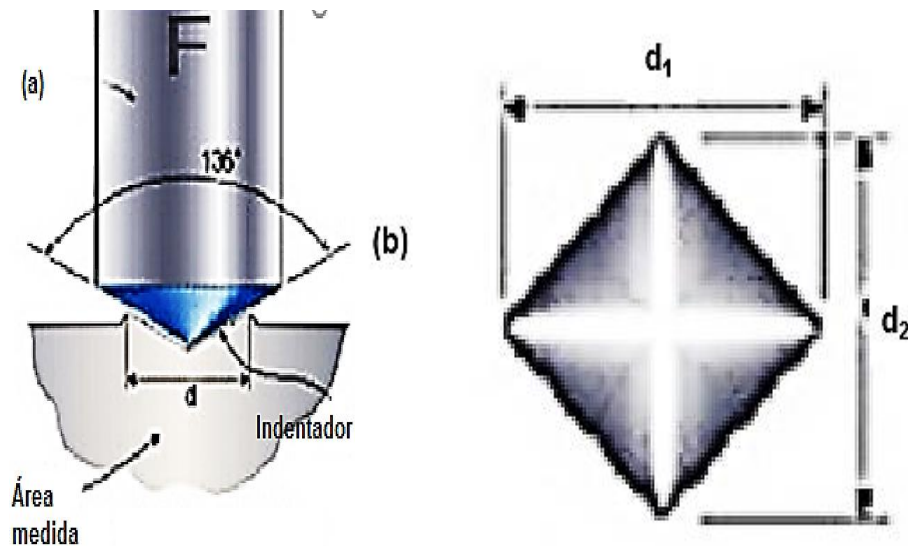
O primeiro estágio possui o objetivo ajustar a ponta do indentador/penetrador na superfície do material, cujo sofrerá o ensaio de dureza, geralmente para uma medição de mais confiabilidade é necessário realizar a medição umas 3 vezes, em locais diferentes no corpo de prova para a análise, para que sejam eliminadas interferências no resultado que possam ser causadas por possíveis defeitos na superfície do corpo de prova e ajudar na fixação do corpo de prova no durômetro. (DAVIN; MAGALHÃES, 2010).

De acordo com Souza (1982), o segundo estágio tem por finalidade provocar a penetração do indentador na superfície do corpo de prova visando proporcionando a deformação plástica da amostra. Portanto, após a retirada da força ocorrerá a recuperação elástica parcial da região que foi penetrada com o indentador, ocasionando uma profundidade de impressão podendo então ser medida diretamente no mostrador do durômetro.

2.2.4 Dureza Vickers

Segundo Rijeza (2021), este ensaio foi criado por Smith e Sandland em 1925 sendo um método mais confiável que o HRC, pois não há possibilidade de ajuste da força, ou seja, não é necessária a utilização de uma pré-carga. Portanto, a dureza Vickers se baseia na resistência que o material oferece à penetração do indentador que possui o formato de uma pirâmide, sendo de base quadrada, ângulo entre faces de 136° e de material diamante, segundo a Figura 16 (a), logo é submetida à determinada força, ocasionando a impressão d_1 e d_2 , conforme a Figura 16 (b).

Figura 16 (a), (b): Método Vickers



Fonte: Filho, 2016

De acordo com Filho (2016), após a remoção da carga, realiza-se a medição das diagonais da impressão d_1 e d_2 e o número de dureza Vickers é calculado segundo a Fórmula para medição HV, ou seja, dividir o valor da carga de ensaio F pela área de impressão d^2 e multiplicar por 1,854.

Equação 1: Medição HV

$$HV = \frac{2F \operatorname{sen} \left(\frac{136^\circ}{2} \right)}{d^2} = 1,854 \left(\frac{F}{d^2} \right)$$

Fonte: CIMM, 2021

Logo:

F: É a Força exercida para medição, ou seja, a carga em Kgf.

d²: Média dos resultados (d₁+d₂), elevando a média do resultado encontrado ao quadrado.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DOS AÇOS

2.3.1 Aço SAE 1020

Segundo Colpaert (2008), o aço carbono 1020 possui uma ampla e variada utilização no mercado, apresentando temperabilidade, boa forjabilidade e soldabilidade, sendo classificado como um aço hipoeutetóide, ou seja, apresenta baixo teor de carbono, e também possuem em sua composição os elementos manganês, fósforo e enxofre, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Composição Química Aço 1020

C (Carbono) %	Mn (Manganês) %	P (Fósforo) %	S (Enxofre) %
0,18 a 0,23	0,30 a 0,60	0,04 máx.	0,05 máx.

Fonte: Luz, 2017

Vale ressaltar que a presença desses elementos em uma composição ocasiona alterações em suas respectivas propriedades, uma concentração não controlada de fósforo e enxofre, acaba deixando o material quebradiço, o manganês reduz a fragilidade causada pelo enxofre e promove o endurecimento acentuado. (COLPAERT, 2008).

2.3.2 Aço SAE 1045

O aço SAE 1045 é um aço muito utilizado em tratamento térmico por têmpera, normatização e beneficiamento, aplicado em eixos, pinos, cilindros, possuindo uma boa resistência mecânica e resistência à fratura, apresentando uma dureza de 180 a 300 HB (*Hardness Brinell*), a Tabela 4 apresentará a composição química do aço SAE 1045. (GERDAU, 2015).

Tabela 4: Composição Química Aço 1045

C %	Mn %	Si %	P %	S %
0,43 a 0,50	0,60 a 0,90	0,4 máx.	0,04 máx.	0,04 máx.

Fonte: Gerdau, 2015

Conforme Gerdau (2015), se for comparada a Tabela 3 do Aço 1020 com a Tabela 4 do Aço 1045, percebe-se que o aço 1045 tem a presença de Si (Silício) na composição química, e também por apresentar 0,43% de carbono ele tem mais temperabilidade em relação ao aço 1020, pois o carbono causa um aumento nesse quesito e na dureza.

2.3.3 Aço ASTM A1011 G50

A chapa de nomenclatura ASTM A1011 é uma especificação padrão para materiais fabricado em processo de laminação a quente e G50 (Grau 50) é a força de rendimento de 50 KSI (Quilolibra-força por polegada ao quadrado), a Tabela 5 relata a composição química da chapa. (SSAB, 2017).

Tabela 5: Composição Química da Chapa

Mn %	P %	S %	Ti mín%	V mín%	Cb mín%	Ni %	Mo %	Cu %	Cr %
1,35	0,04	0,04	0,005	0,005	0,005	0,20	0,06	0,20	0,15

Fonte: SSAB, 2017

Segundo SSAB (2017), o material A1011 é um aço de baixa liga com uma alta resistência, apresentando um percentual de 0,23 % de C (Carbono) e apresenta

elementos como Ti (Titânio), V (Vanádio), Cb (Columbium), Ni (Níquel), Mo (Molibdênio), Cu (Cobre), Cr (Cromo) na composição química.

2.4 PROCESSO DE USINAGEM DO DISPOSITIVO

Na maioria dos projetos de usinagem, o corte é o primeiro processo utilizado para o desenvolvimento de um item, sendo então, um processo de fabricação, em que uma ferramenta com duas ou mais cunhas de corte, acabam se movendo uma contra a outra, provocando a separação do material por cisalhamento. As serras de fita dividem-se em horizontais, verticais e inclinadas e sua classificação é devida a posição da lâmina de corte. (GONÇALVES, 2000).

O processo de torneamento mecânico permite a obtenção de superfícies com revoluções, possuindo um auxílio de uma ou mais ferramentas de geometria definida, ou seja, a peça gira em torno do eixo principal da máquina-ferramenta e a ferramenta se deslocam para o eixo fazendo a remoção do material desejado, já no processo de fresamento a ferramenta gira e a peça ou a ferramenta se deslocam para fazer a usinagem do material. (FERRARESI, 1977).

Segundo Cadium (2020), a máquina fresadora é um equipamento que permite movimentar a peça em um, ou mais eixos, podendo ser de forma linear ou giratória, sendo que o processo de torno executa a operação somente em revolução, ou seja, através de peças rotacionais. A operação de fresamento é definida como um movimento de arestas cortantes em um sentido, que se soma ao movimento da peça que será usinada.

De acordo com Jasinevicius (2016), a furação é o processo de usinagem no qual, o movimento de corte principal é rotativo, e o movimento de avanço é na direção do eixo, sendo utilizado na maioria dos casos uma broca helicoidal para realizar furos curtos ou profundos, sendo uma furação em cheio ou com pré-furo.

Segundo Becker (2014), os GDL (Graus de Liberdade), são iguais ao número de parâmetros independentes necessárias para uma definição uma única de posição no respectivo espaço em qualquer instante de tempo, sendo então, o número de coordenadas independentes necessário para definir sua posição.

3 METODOLOGIA

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A metodologia deve ajudar a explicar não apenas os produtos da investigação científica, mas principalmente seu próprio processo, pois suas exigências não são de submissão estrita a procedimentos rígidos, mas antes da fecundidade na produção dos resultados. (BRUYNE, 1991).

Conforme Gil (2007) é preciso, em primeiro lugar, esclarecer qual o tipo de pesquisa que se vai realizar. Deve-se esclarecer se a pesquisa, quanto a sua natureza é do tipo exploratório, descritivo ou explicativo.

A pesquisa exploratória tem como principal objetivo o desenvolvimento, esclarecimento e modificação de ideias e também conceitos, visando a formulação de hipóteses pesquisáveis ou problemas mais precisos para estudos futuros. (GIL, 1999).

Para o estudo será utilizado uma metodologia de pesquisa exploratória e descritiva, sendo então com base um estudo de caso de uma análise metalográfica de um conjunto soldado. A pesquisa bibliográfica é realizada para se obter o embasamento teórico do conteúdo, o qual se apresenta como objetivo agregar mais conhecimento sobre o assunto abordado.

A pesquisa ação, segundo Thiollent (1986), tem base prática, associando com uma ação ou resolução de problema. A pesquisa comparativa será utilizada para avaliar o estado atual de solda e o estado de solda com o uso do dispositivo de solda. Este estudo é compreendido como um estudo de caso, uma vez que foi aplicado e não pode ser generalizado, correspondendo a uma situação específica. Ocorreu a utilização de algumas soluções paliativas com objetivo de análise de desempenhos e resultados, porém não comprovam eficácia total. Dessa forma, enquanto não houver toda efetividade e comprovação da totalidade dos resultados ótimos, se mantém como estudo de caso objetivando otimização gradativa e no médio prazo subsequente a esta conclusão da pesquisa.

Segundo Marconi e Lakatos (1996) a observação é uma técnica de coleta de dados para se obter e conseguir informações, sendo utilizados os sentidos para obtenção de determinadas causas, ou seja, para esse trabalho a coleta de dados será realizada por meio de observação.

Para o começo do trabalho o item foi para o laboratório de solda e foi verificado a soldagem do conjunto, junto com a anotação dos parâmetros utilizados no aparelho de solda para o corpo de prova, a Tabela 6 representa os parâmetros de solda utilizados nos presentes corpos de prova.

Tabela 6: Parâmetros de soldagem.

N° CP	A (CORRENTE)	V (TENSÃO)	VELOCIDADE DE GIRO DA PEÇA (CM/MIN)	GÁS DE PROTEÇÃO	ARAME	RESFRIAMENTO
1	220 - 232	30,4 – 30,8	21 a 22	Ar / CO ₂	ER 70 S-6	Peça resfriada ao ar livre.
	268 - 290	31,6 - 32	20	CO ₂	MC-70M	Peça resfriada ao ar livre.
3	248 – 270	30 – 32	20	Ar / CO ₂	ER 70 S-6	Peça resfriada ao ar livre.
4	292 - 296	32	20	CO ₂	MC-70M	Peça colocada em recipiente fechado.
5	228	30,4	20	Ar / CO ₂	ER 70 S-6	Peça colocada em recipiente fechado.

Fonte: O autor, 2021

Conforme a Tabela 6, o percentual de Ar/CO₂ é de 75/25% e quando soldado somente CO₂ é de 100%. Depois de realizar a soldagem dos itens, foi esperado esfriar o conjunto, para assim cortar do mesmo, respeitando o início e fim do cordão da solda, conforme a Figura 17.

Figura 17: Especificação do início e fim de solda

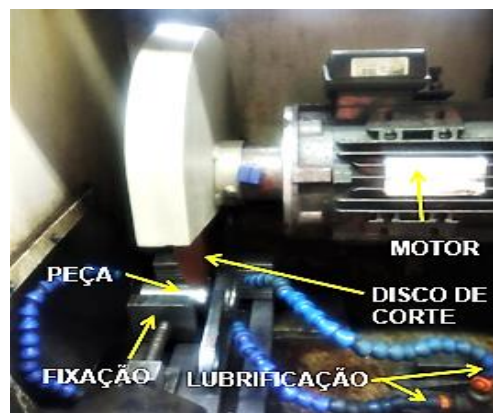


Fonte: O autor, 2021

De acordo com a Figura 17, o corte foi selecionado o melhor lado da amostra, descartando a possibilidade de corte da peça no local onde fica denominada a área de início e fim de cordão, visando sempre esse cuidado para não obter divergências na análise.

Para realizar o corte, o item foi fixado na cortadora metalográfica da Figura 18, com o uso de uma morsa para fixação e com utilização de disco de corte abrasivo para o corte do corpo de prova.

Figura 18: Cortadora metalográfica



Fonte: O autor, 2021

Percebe-se que a cortadora metalográfica possui 03 mangueiras para enviar lubrificação no corpo de prova, evitando o aquecimento do material durante o corte com disco abrasivo.

Após o corte foi realizado o processo de lixamento, com o uso da máquina politriz, visando reduzir a rugosidade do corpo de prova para uma melhor imagem e maior confiança no resultado nas medições amostra, a Figura 19 mostra a máquina utilizada.

Figura 19: Máquina politriz para lixamento



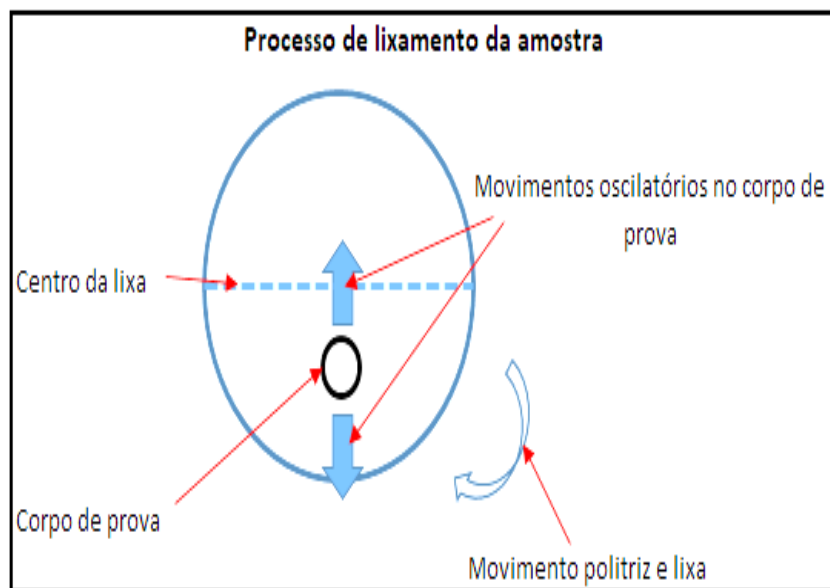
Fonte: O autor, 2021

Para a realização do processo, foram utilizadas 4 lixas de diferentes granulações, sendo que, primeiro usou-se a lixa de grão 120, removendo todos os riscos do corpo de prova que o disco de corte proporcionou. A politriz é acionada com a lixa de grão 120 e em movimentos oscilatórios laterais até o centro da lixa, mantendo o corpo de prova na mesma posição é o que garante esse processo.

Observando que o corpo de prova possui somente riscos da lixa de grão 120, logo, foi feita a troca do tamanho de grão da lixa para uma granulação de 320 e girou-se o corpo de prova em 45°, fazendo os mesmos movimentos para a remoção dos riscos que a lixa de grão 120 causou no corpo de prova.

O mesmo passo a passo foi repetido para as lixas de grão 600 e 1200, respectivamente. Para um melhor entendimento a Figura 20 demonstra através de uma ilustração o processo de lixamento do corpo de prova.

Figura 20: Ilustração processo de lixamento



Fonte: O autor, 2021

Após utilizar a lixa de granulação 1200, foi encaminhado o corpo de prova para o processo de polimento da área que será analisada. Para isso, colocou-se alumina no disco de pano usado para polir o material, também se utiliza água junto a suspensão de alumina de 1 micron superconcentrada nº 4. A Figura 21 (a) apresenta a máquina politriz para polimento e a Figura 21 (b) a Alumina utilizada para o processo de polimento.

Figura 21 (a): Máquina politriz para polimento, (b) Alumina



Fonte: O autor, 2021

A velocidade e o sentido de giro da máquina politriz da Figura 19 para a Figura 21 (a) é a mesma, porém o que muda, é que para este processo não se utiliza lixa e sim um pano com a alumina para dar brilho à superfície polida. Todavia, após o fim do processo foi realizado o ataque químico no material.

Para a realização do ataque químico, foram tomados todos os devidos cuidados e utilizado as luvas de proteção, para que o HNO_3 (Ácido Nítrico) não entrasse em contato com a pele, conforme a Figura 22.

Figura 22: Luva de proteção



Fonte: O autor, 2021

A peça foi deixada por aproximadamente 30 segundos em contato com o agente químico, após isso foi realizada a limpeza da peça, utilizando álcool, para evitar que o nital fique queimando o carbono e prejudicando a imagem que foi

utilizada para macrografia. Observe que a Figura 23 revela que foi utilizado nital 5% (composição: 5% Ácido nítrico e 95% Álcool).

Figura 23: Nital 5%



Fonte: O autor, 2021

Foi aplicado 5% de mistura para o Nital, visando a melhor visualização para a medição da ZTA, que foi a próxima etapa feita, ou seja, foi realizada a medição do gradiente de dureza na ZTA, utilizando o microdurômetro da Figura 24 para a realização da inspeção.

Figura 24: Microdurômetro



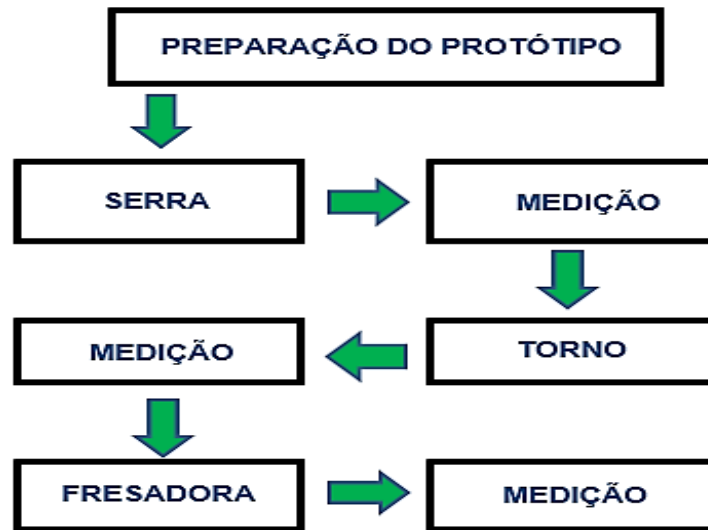
Fonte: O autor, 2021

Na sequência foi realizada a macrografia de solda, com uso do software de medição de solda (Toup View), realizando assim a medição de perna, profundidade de solda.

3.2 FABRICAÇÃO DO DISPOSITIVO

Para a fabricação do dispositivo, foi necessário efetuar os processos de fabricação dos seus componentes, de acordo com a Figura 25.

Figura 25: Processo de fabricação

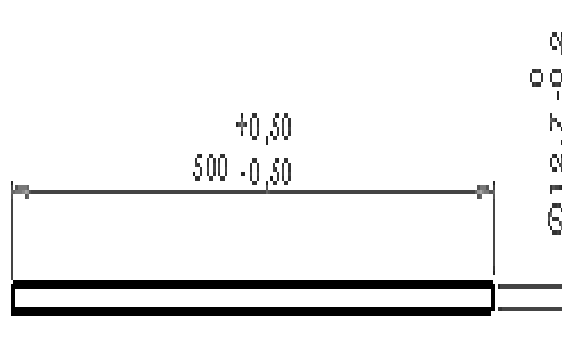


Fonte: O autor, 2021

O primeiro processo foi o corte dos materiais, realizado nas serras de fita de posição horizontal, visto que é um processo mecânico de usinagem destinado para o seccionamento ou recorte com auxílio, de ferramentas multicortantes (dentes da serra), a ferramenta gira e se desloca no material que se deseja realizar o corte.

Para o desenvolvimento da Haste 1, o item foi cortado na serra de fita e após o processo foi para o a usinagem no torno convencional para deixar na medida dos 500 mm, conforme a Figura 26.

Figura 26: Haste 1

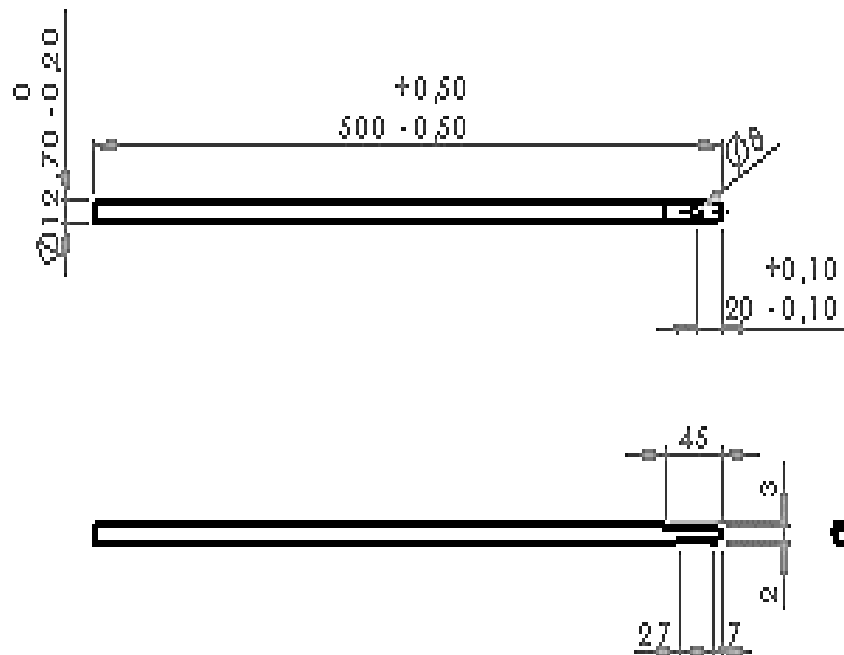


Fonte: O autor, 2021

Após o processo de usinagem o item foi conduzido para o processo de tratamento térmico, para obtenção de uma dureza superficial acima de 30 HRC, visando uma melhoria na condição de não deixar o item ser esmagado ao operador apertar o parafuso para fixá-lo, tornando o mesmo mais resistente e aumentando a sua resistência ao desgaste.

O item Haste 2 é similar ao Haste 1, porém conforme a Figura 27, vimos que o item passou para a fresadora, fixando o mesmo na morsa e realizando a operação de rasgos e furação, sendo que o mesmo possui 2 rasgos e uma furação de $\varnothing 8$ mm, sendo também direcionado ao tratamento térmico, após as operações de usinagem.

Figura 27: Haste 2

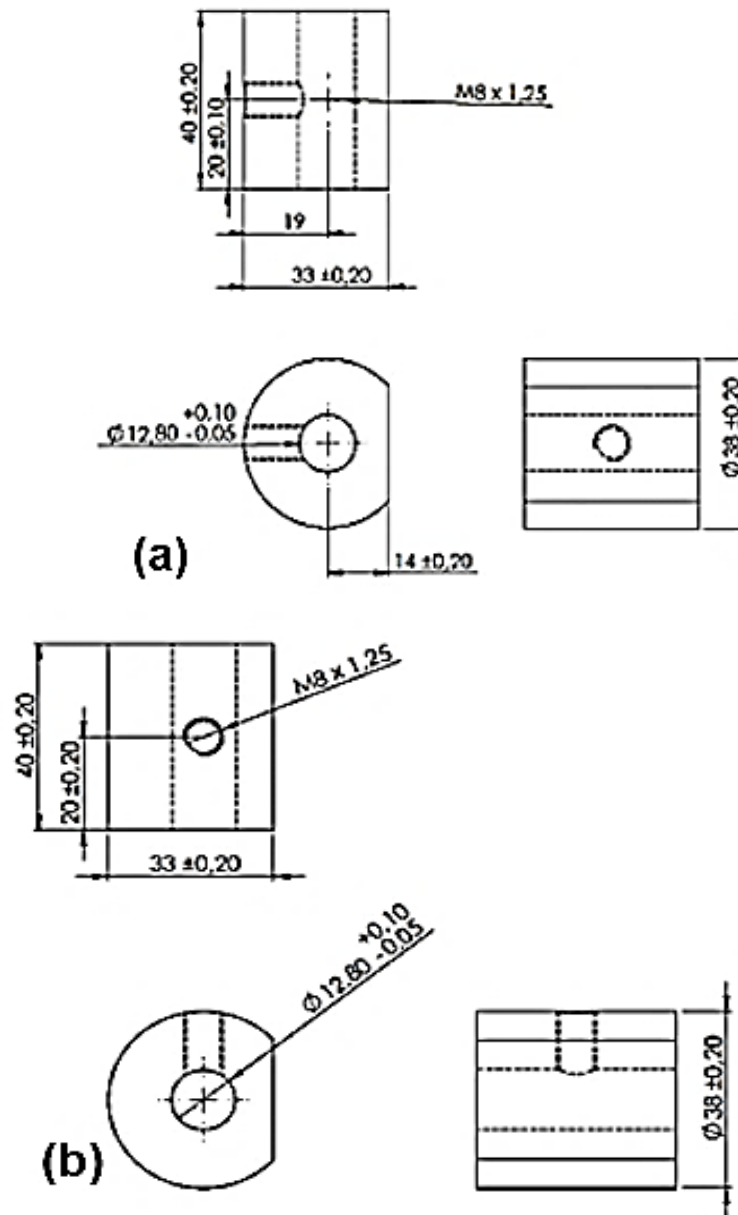


Fonte: O autor, 2021

Observa-se que o local do rasgo que possui cota de 45 mm, será onde ficará localizada a bucha de fixação da tocha.

Os itens Bucha 1 é similar ao Bucha 2, conforme a Figura 28 (a) a Bucha 1 possui o furo com rosca M8 x 1,25 paralelo ao rasgo, já a Figura 28 (b) vimos que a Bucha 2 possui o furo com a rosca M8 x 1,25 perpendicular ao rasgo.

Figura 28 (a): Bucha 1, (b) Bucha 2



Fonte: O autor, 2021

Estas buchas são do material aço carbono 1020 e nelas não foi realizado o processo de tratamento térmico. A bucha 1 será feita 2 unidades, sendo 1 usada para o dispositivo e outra e a peça reserva ou se quiser trocar de lugar o dispositivo é só fixar em outra bucha, já a bucha 2 possui 2 unidades, porém serão soldadas uma na outra conforme a Figura 29.

Figura 29: Bucha 2 soldada

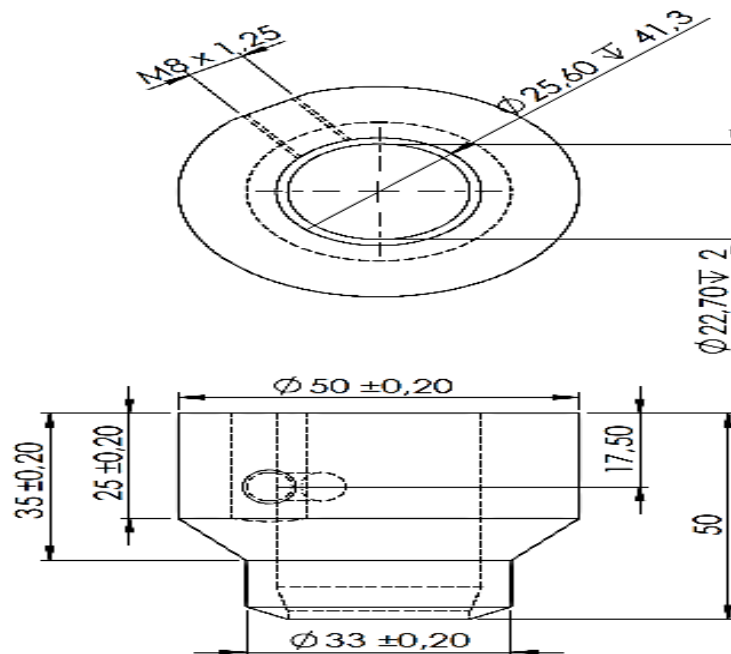


Fonte: O autor, 2021

Após a união desse componente, serão levadas todas as peças fabricadas para o processo de zincagem, protegendo contra a oxidação e respingos de solda no dispositivo.

A Bucha 3 de acordo com a Figura 30 é o responsável por fixar a tocha de solda e será fabricado com material alumínio, sendo um material mais leve e que não deixa criar respingos nessa bucha.

Figura 30: Bucha 3

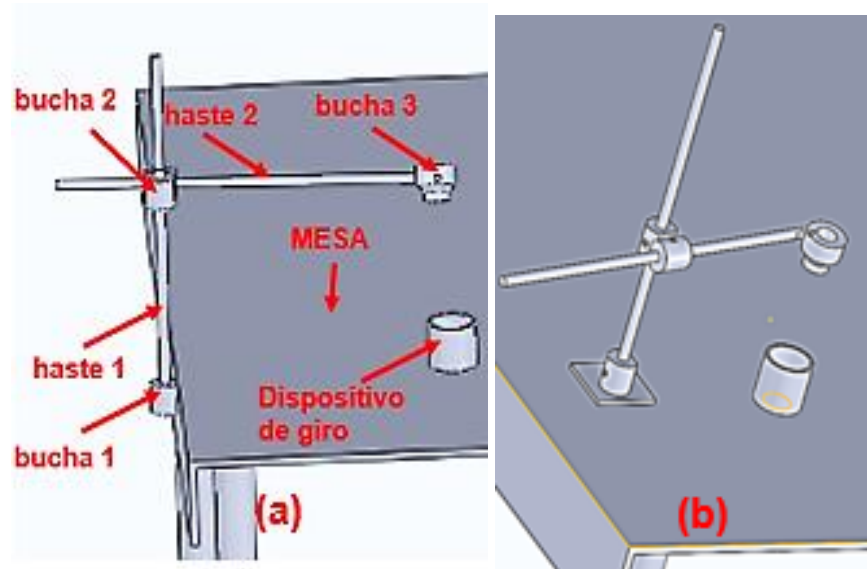


Fonte: O autor, 2021

A Bucha 3 não precisa ser levado para o processo de zincagem como todo o restante do dispositivo. Os apêndices A1, A2, A3, A4, A5, A6, mostra os desenhos dos itens, junto com a sua montagem.

O dispositivo foi construído com os graus de liberdade para movimentação do direcionamento da tocha de soldagem, sendo fixado em duas posições, conforme mostra a Figura 31.

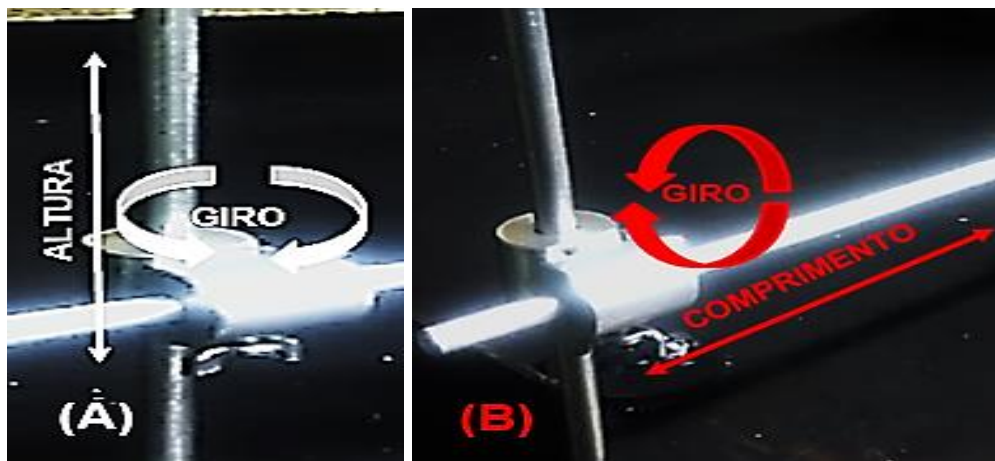
Figura 31 (a), (b): Dispositivo de solda



Fonte: O autor, 2021

A Bucha 1 e a Haste 1 não possui nenhum grau de liberdade, pois o parafuso irá fixar a haste na bucha. Porém a bucha 2 apresenta 2 graus de liberdades, sendo um em relação à altura Z e outro ao giro em perpendicular a Haste 1, podendo ter o giro a 360° graus, conforme a Figura 32 (a).

Figura 32 (a): GDL da bucha 2, (b): GDL da haste 2 e bucha 3



Fonte: O autor, 2021

A Haste 2 possui 2 graus de liberdade, sendo 1 na direção de comprimento Y, e outro de giro possuindo 360°. A Bucha 3 possui somente 1 grau de liberdade, indo na direção Y, conforme Figura 32 (b).

3.3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os recursos necessários para a execução do projeto foi o material de laboratório da qualidade e do laboratório de solda.

- Arame ER 70 S-6 / Tubular MC-70M
- Gás de solda
- Mão de obra do soldador
- Mão de obra laboratório de qualidade
- Lixa de água de grão 120
- Lixa de água de grão 320
- Lixa de água de grão 600
- Lixa de água de grão 1200
- Alumina
- Ácido Nítrico (Nital)
- Microdurômetro
- Software de medir solda (Toup View)
- Solid Works
- Materiais utilizados para fabricação do dispositivo.

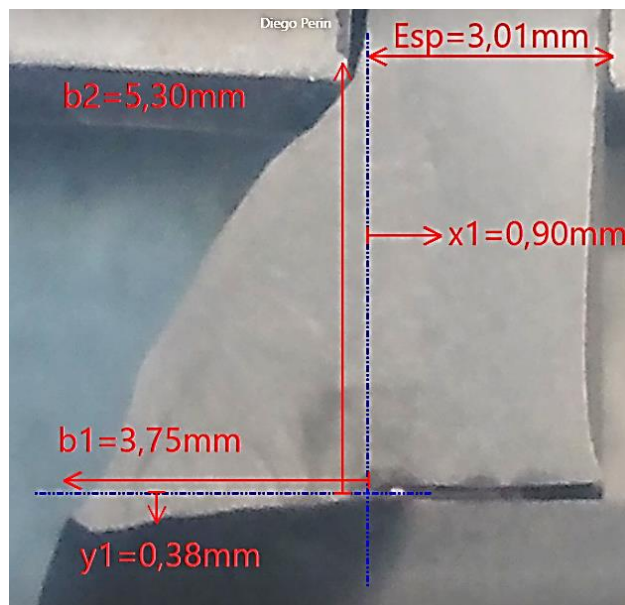
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste tópico, com base nas bibliografias já abordadas, busca-se apresentar as soluções para o problema encontrado na solda, ou seja, verificando se os objetivos específicos do presente trabalho foram alcançados, através do ensaio de dureza na região da ZTA e macrografia da solda.

4.1.1 Funcionamento do Dispositivo

Antes de se realizar o teste dos itens com o dispositivo, houve um erro no direcionamento do cordão de um item soldado de amostra, cujo apresenta um valor de b_1 (Perna 1) = 3,75 mm e b_2 (Perna 2) = 5,30 mm, estando desproporcional, conforme a Figura 33 sem o uso do dispositivo.

Figura 33: Item soldado não conforme.



Fonte: O autor, 2021.

Percebe-se que o item foi soldado mais direcionado na chapa e com pouca penetração no eixo, resultando em uma falta de fusão onde se origina a raiz de solda, causando falha na operação de soldagem, também por se tratar de uma espessura de 3 mm, o item deve possuir 10% de penetração, na posição y_1 possui o valor de 0,38 mm, mas na posição da raiz possui bem menos como a Figura 33 nos mostra. Logo, surge a utilidade em efetuar o teste no dispositivo.

Foi realizado para o presente dispositivo 2 tipos diferentes de fixação, sendo 1 com a Bucha 1 fixa na chapa do lado de fora da mesa de solda e a outra sendo realizada sob a chapa fina situada na mesa de solda, conforme a Figura 34.

Figura 34 (a): Fixação 1, (b): Fixação 2.



Fonte: O autor, 2021.

O tipo de Fixação 1 não ficou bom no quesito estrutural do projeto, pois encontrou dificuldade para fixar a Bucha 3 na tocha de solda, visto que esse comprimento total de 500 mm não firmou a tocha no dispositivo, já a Fixação 2 acabou ficando o peso de uma forma distribuída, como consequência uma carga equilibrada, tendo um aproveitamento melhor em relação ao tipo de Fixação 1, ou seja, funcionou corretamente.

Devido a condição das hastes possuir tratamento térmico superficial não houve amassamento onde apertou o parafuso, porém ficou marcado um pouco na zincagem. A zincagem do componente como consequência serviu para o conjunto não ficar com respingos e também não oxidar.

A Figura 35 mostra um dos parâmetros utilizados para a realização do CP 3, para se conseguir a desejada união dos materiais este corpo de prova foi soldado com mistura de gás Ar/CO₂.

Figura 35: Parâmetro de soldagem de uma amostra.



Fonte: O autor, 2021.

Durante a execução da atividade com a abertura do arco de solda estes valores de voltagem e amperagem acabaram se alternado um pouco, tendo uma oscilação de 30 a 32 V, e 248 a 270 A.

Antes de realizar os testes foram utilizados alguns CP de material de sucata para testar a soldabilidade e ver o seu comportamento, conforme a Figura 36.

Figura 36: Teste realizado.



Fonte: O autor, 2021.

De acordo com a Figura 10 da AWS D1.1 (2004), o primeiro CP ficou com uma posição de solda boa, atendendo os critérios de solda desejáveis, porém a

tocha ficou direcionada um pouco fora da posição de início ficando um cordão sobreposto, após ajustar essa posição ficou melhor a solda, ou seja, sem a sobreposição de acordo com a Figura 36 do teste realizado, porém como houve este tipo de erro, nota-se uma dependência do operador de solda em ajustar da forma correta para o melhor resultado.

4.1.2 Custos de Fabricação

O processo de criação desse dispositivo foi voltado para ser realizado com o menor custo possível, também visando que podemos realizar testes de forma mais eficiente antes de fazer um investimento maior, que às vezes não se obtêm retorno. A Tabela 7 apresenta os custos de cada material, o seu custo de usinagem, se teve ou não tratamento de superfície como por exemplo tratamento térmico e zincagem e também totaliza, ou seja, soma o custo total por item e por processo.

Tabela 7: Custo do dispositivo

Item	Custo Material	Usinagem	Tratamento Térmico	Zincagem	Custo Total
Haste 1	R\$ 1,00	R\$ 3,00	R\$ 2,00	R\$ 2,00	R\$ 8,00
Haste 2	R\$ 1,00	R\$ 7,00	R\$ 2,00	R\$ 2,00	R\$ 12,00
Bucha1/ Bucha 2	R\$ 2,00	R\$ 8,00	-	R\$ 4,00	R\$ 14,00
Bucha 3	R\$ 1,00	R\$ 8,00	-	-	R\$ 9,00
Parafusos	R\$ 2,00	-	-	-	R\$ 2,00
Montagem Final	R\$ 1,00	-	-	-	R\$ 1,00
Total	R\$ 8,00	R\$ 26,00	R\$ 4,00	R\$ 8,00	R\$ 46,00

Fonte: O autor, 2021.

Conforme a Tabela 7 pode-se observar que o custo de fabricação foi relativamente baixo, pois os materiais eram de sucatas, ou seja, ia ser comercializado a um custo muito baixo e também o maior custo foi para realizar a usinagem dos itens, que somando aos outros processos o dispositivo teve um custo final de R\$ 46,00.

4.1.3 Ensaio de Dureza

Para a comparação de resultados da ZTA com a alteração do arame e gás, foram consideradas 5 medições de dureza pelo método HV, onde em seguida, o valor de HV foi conseqüentemente convertido para o valor de HRC. Todavia, os resultados encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8: Dureza ZTA

X (mm)	0,5	1	1,5	2	2,5	3
CP 1 (HRC)	37	34	24	17	16	14
CP 2 (HRC)	33	30	24	12	11	12
CP 3 (HRC)	36	32	24	19	16	14
CP 4 (HRC)	26	26	22	17	16	13
CP 5 (HRC)	30	26	23	17	21	16

Fonte: O autor, 2021.

Observa-se que os corpos de prova de numeração 4 e 5 apresentaram uma dureza na área da ZTA abaixo dos valores dos CP 1, 2 e 3, pois foram armazenados em um recipiente fechado como mostra a Figura 37, sendo que a caixa não possui controle sobre a variação da temperatura, porém gera resultados estimados sobre o comportamento durante o resfriamento enclausurado ao invés de espaço aberto.

Figura 37: Recipiente fechado.



Fonte: O autor, 2021.

Analisando a Tabela 6 dos Parâmetros de solda, percebeu-se que os ensaios que obtiveram a dureza ZTA mais baixa foram os CP 2 e o CP 4, pois foram utilizados o gás CO₂ sem mistura, ou seja, CO₂ 100%, visto que o CP 2 teve seu resfriamento ao ar livre e o CP 4 em recipiente fechado. Vale ressaltar que o CP 4 possui uma dureza de ZTA mais baixa que o CP 5 por motivo do uso de gás CO₂ 100%, como consequência o mesmo sendo soldado em arame tubular.

4.1.4 Ensaio Macrográfico

Quanto ao ensaio, análise e comparação de resultados da penetração, com e sem dispositivo foram anotados diferentes testes, ou seja, uma forma de tipo de arame cobreado ou tubular, tipo de resfriamento controlado ou no tempo e os parâmetros diferentes, observa-se na Tabela 9 as dimensões da solda e sua penetração.

Tabela 9: Resultados dos ensaios macrográficos

N° CP	b1	b2	b3	b4	x1	x2	y1	y2
01	8,4	7,68	7,11	8,4	0,74	0,96	1,45	1,6
02	7,0	7,05	7,46	7,05	1,43	0,92	1,15	1,63
03	7,29	9,04	6,19	9,35	1,66	0,99	1,23	0,95
04	9,29	6,16	8,78	6,80	1,08	1,61	3	2,92
05	6,65	6,79	6,10	6,95	1,56	1,56	1,33	1,36

Fonte: O autor, 2021.

Na Tabela 9 foram observados apenas os resultados de x1, x2, y1 e y2 que são respectivamente a penetração de solda. Por se tratar de uma chapa de 12, 7 mm de espessura, o mesmo deve possuir no mínimo 1 mm de penetração. Logo os 3 primeiros CP tem 1 ou 2 pontos que estão abaixo de 1 mm, ou seja, reprovado por falta de penetração.

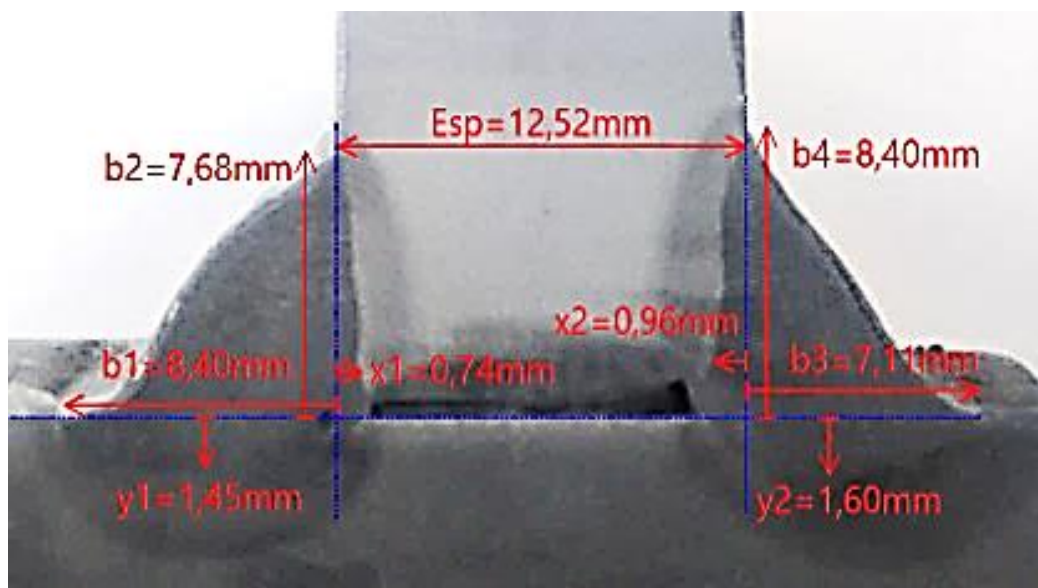
Nos CP 1, 2 e 3 foi realizada a soldagem sem o uso do dispositivo, enquanto o CP 4 e 5 foi com o seu uso. Todavia percebe-se que o que teve uso do dispositivo todos tiveram penetração aprovada.

Após foi feita a observação apenas dos valores de b1, b2, b3 e b4, visto que o valor mais próximo do cordão solicitado de 6 mm foi alcançado no CP 5 com o uso do dispositivo. Se observar a Tabela 6, verá que foi utilizado o menor valor de

voltagem e amperagem, mas por ter sido direcionado na posição correta, teve o melhor resultado.

Realizando o ensaio, análise e comparação de resultados da posição de soldagem com e sem dispositivo, a Figura 38 nos mostra o CP 1, sendo um item que foi soldado sem o uso do suporte de fixação da tocha e tendo um parâmetro de 220 a 232 de A e 30,4 a 30,8 de V, com uma velocidade de giro de 21 a 22 cm/min, utilizando o gás de mistura com o arame cobreado ER 70 S-6.

Figura 38: Ensaio macrográfico do CP 1.

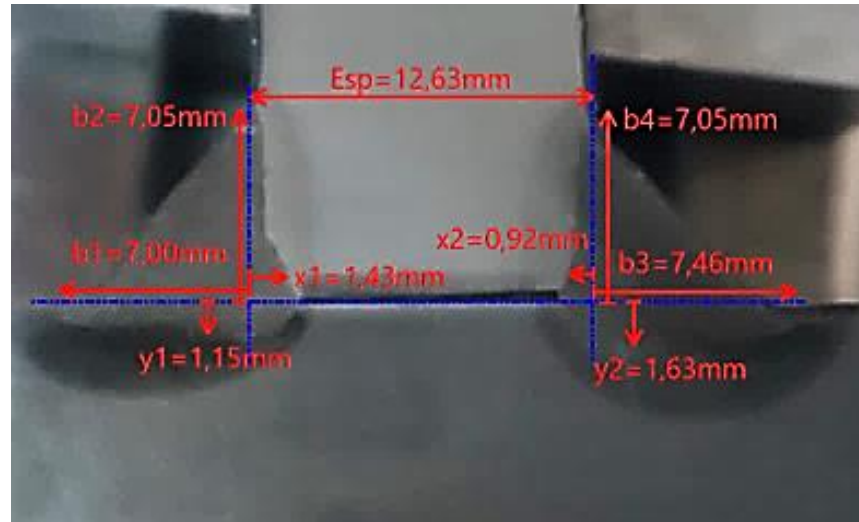


Fonte: O autor, 2021.

Segundo os Apêndices B1, B2, B3, B4, B5 – Análise Macrográfica de Solda é visto que o desenho solicita um cordão de 6 mm, visto isso percebe-se que está conforme a tolerância -1 +3 mm, porém a penetração na direção da chapa ficou inferior a 1 mm, ficando como resultado uma solda reprovada. Pode-se afirmar que se utilizar esse parâmetro a solda ficará conforme, porém precisa ser corrigido o posicionamento e direcionamento da tocha no ato de solda o item.

Para o segundo teste a solda será realizada com os parâmetros de 268 a 290 A e 31,6 a 32 de V, usando uma velocidade menor de 20 cm/min e uso 100% de CO₂, logo sendo trocado o tipo de arame cobreado 1 mm para o arame tubular 70 MC, ficando um resultado conforme a Figura 39.

Figura 39: Macrografia do CP 2.

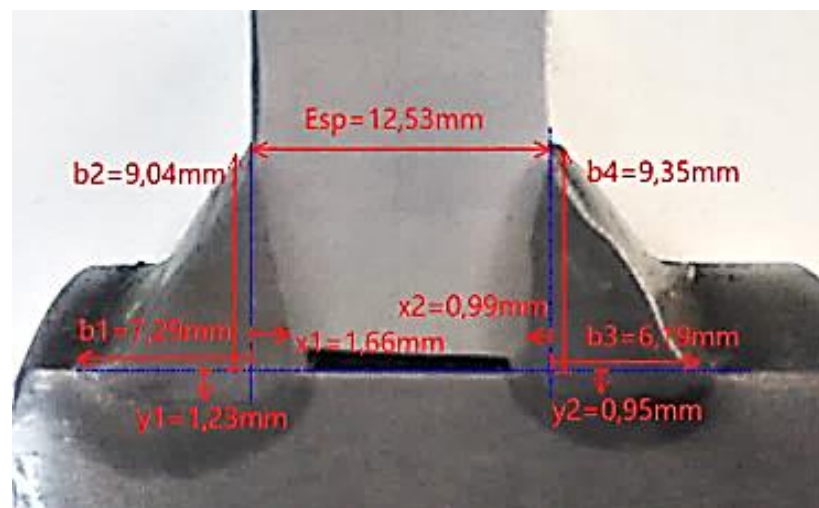


Fonte: O autor, 2021.

Para a troca de gás, foi visto que foi utilizado um parâmetro maior para se realizar a solda e quanto ao cordão de solda o item está aprovado, pois o menor resultado encontrado foi o de 7 mm e o maior foi o de 7,46, ficando uma solda equilibrada com medições similares, porém faltou penetração em um dos lados da solda ficando em x_2 com 0,92 mm de profundidade, estando, portanto, o item reprovado.

A Figura 40 foi o último teste realizado sem o uso do dispositivo de fixação para a tocha. Este foi realizado utilizando novamente o arame cobreado 1 mm e a mistura dos gases Ar/CO₂, possuindo um parâmetro de 248 a 270 A e 30 a 32 V.

Figura 40: Macrografia do CP 3.

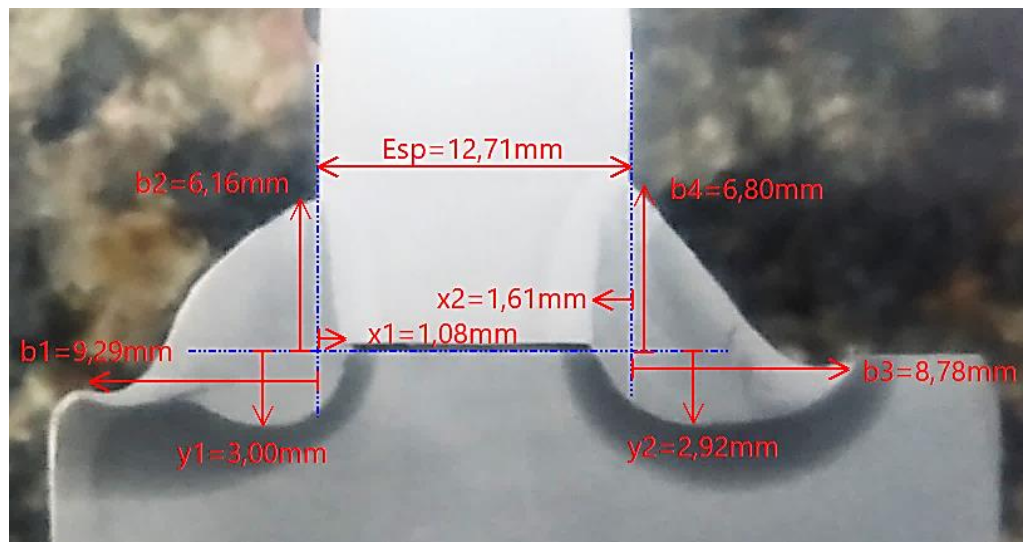


Fonte: O autor, 2021.

Analisando a Figura 40, nota-se que para este caso não foi a posição de solda que fez o item ficar na condição de reprovado e sim a instabilidade do arco elétrico, pois durante a solda variou de 30 a 32 a voltagem e 248 a 270 a amperagem. Avaliando as pernas b2 e b4 que ficaram acima do critério de aceitação $-1 + 3$ mm, estando acima de 9 mm, pois o cordão solicitado foi de 6 mm e também a penetração em x2 e y2 ficou inferior a 1 mm. Para este item estabilizando melhor o arco elétrico ficaria aprovado o item, pois o parâmetro está correto.

No CP 4 o teste foi realizado com uso do dispositivo de fixação, conforme a Figura 41, estando com um parâmetro de 292 a 296 V e 32 de A, possuindo uma velocidade de giro de 20 cm/min, utilizando o arame tubular e o gás CO₂ sem mistura.

Figura 41: Macrografia de peça soldada com uso de dispositivo.



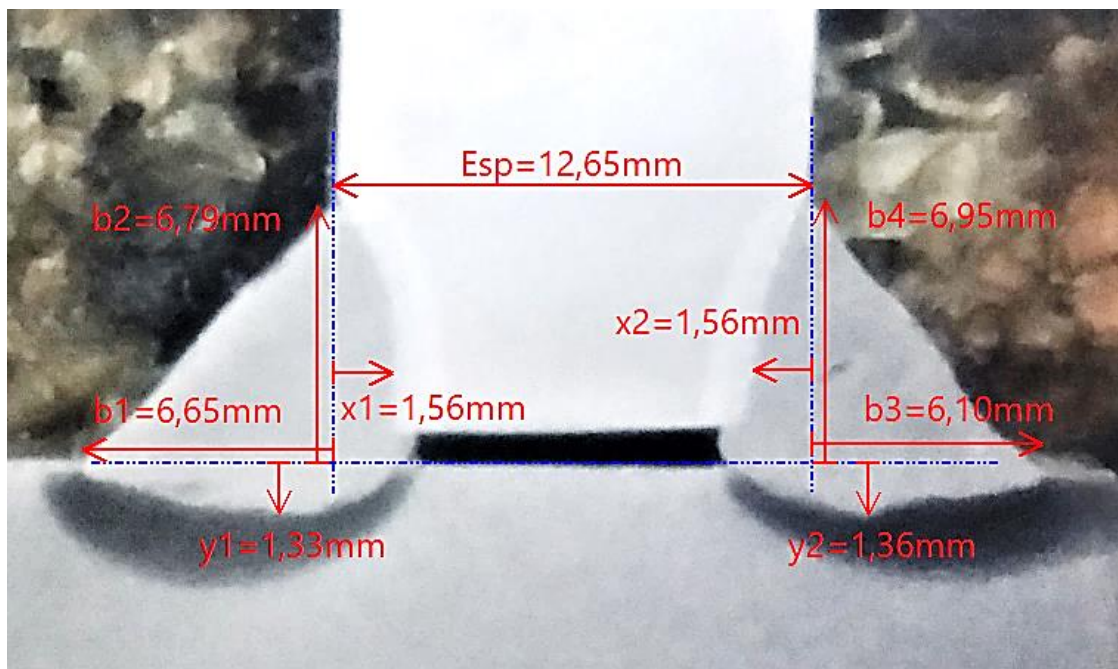
Fonte: O autor, 2021.

Percebe-se que na Figura 41 a solda foi direcionada na posição errada, também se tem a presença de mordedura no CP, no local onde está situado o eixo, logo, nota-se que o item possui uma penetração muito grande no eixo y e pouca penetração no eixo x, ou seja, pouca penetração em direção a chapa, porém por penetração o item está aprovado, pois nenhum está abaixo de 1 mm, mas tem um exagero de penetração em y sendo que apresentou um valor de 3 mm. Quanto a dimensão dos cordões de solda, o cordão b1 ficou acima do critério de aceitação do cliente, ficando o item reprovado por ter o cordão maior e por apresentar mordedura

nos dois lados da solda, pensando em evitar isso, deve-se solda com um parâmetro menor e direcionar melhor a tocha.

Para a Figura 42, o item foi soldado com os parâmetros de 228 de voltagem, 30,4 de amperagem, velocidade de giro da peça de 20 cm/min, trocado o gás para ser utilizado a fórmula de mistura Ar/CO₂ e arame cobreado, também com a utilização do dispositivo de fixação da tocha.

Figura 42: Macrografia de peça soldada com uso do dispositivo.



Fonte: O autor, 2021.

Analisando a Figura 42, o CP 5 é o que mais atende os critérios de aceitação do cliente, visto que foi solicitado um cordão de 6 mm e penetração mínima para chapa de 12,7 mm de 1 mm. Percebeu-se que o menor cordão ficou de 6,10 mm e o maior com 6,95 mm, ficando uma solda equilibrada e com os cordões proporcionais, também a penetração ficou acima de 1,3 mm, estando com valores muito parecidos, x1 com 1,56mm e x2 com 1,56mm, y1 apresentou 1,33 mm e y2 1,36 mm, ou seja, o item ficou aprovado e com o melhor direcionamento através do uso do dispositivo, visto que também se manteve em todo o contorno da amostragem e por usar outro tipo de gás e arame foi possível a aprovação do item com os menores parâmetros de soldagem.

CONCLUSÃO

A soldagem MIG/MAG usa a energia do arco elétrico como fonte de calor, para conduzir o arame alimentando até chegar ao metal base sendo um dos processos mais utilizados nas indústrias atualmente, visto também muitas vezes a realização de análise de solda, para verificar se a solda está soldada da forma correta, ou seja, conforme o desenho e projeto.

O presente trabalho apresenta como problema de solda a falta de penetração, mordeduras e uma dureza na zona termicamente afetada considerada alta e também havendo erro de direcionamento do cordão de solda do conjunto soldado. Em resposta ao problema de pesquisa “Com o ensaio de metalografia no conjunto soldado e os resultados obtidos através do ensaio será possível obter uma melhoria no processo de solda”?

Realizou-se um comparativo da realização de ensaio, análise e comparação de resultados da penetração, com e sem dispositivo e pode-se observar que com o uso do dispositivo obteve-se uma solda mais equilibrada e com a penetração correta, conforme a empresa solicita para os itens soldados, fato que sem o uso do dispositivo os resultados sempre faltaram um pouco de penetração nas posições X e Y.

Quanto ao ensaio, análise e comparação de resultados da posição de soldagem com e sem dispositivo percebeu-se que o dispositivo teve um resultado bom ficando de acordo com os critérios de aceitação da AWS e outro ruim, ficando como reprovado ou não aceitável dentro da norma AWS. O que não teve bom resultado foi no direcionar errado a tocha de soldagem, visto que com o giro da peça ficou na posição errada, já os itens soldados sem o dispositivo ficaram mais direcionada na chapa.

A comparação de resultados da ZTA conclui-se que com a alteração do arame e gás, a utilização do gás CO₂ puro, ou seja, 100% de proporção teve menos dureza de ZTA que utilizando o arame cobreado e a mistura de Ar/CO₂ de proporção 75/25%, sendo melhor utilizado para um caso de elevada dureza na ZTA.

Por se tratar de um dispositivo que foi criado com baixo custo, o resultado obtido foi o suficiente para uma mudança no futuro, pois pode-se observar que até certo ponto resolve o problema da empresa, porém ainda depende muito da

eficiência do operador da solda, visto que apresentou resultado bom e resultado ruim, pois quando o operador deixou a peça na posição errada do dispositivo a solda ficou reprovada, mas quando ficou colocada na posição correta se manteve e a solda ficou boa.

O dispositivo assim definido por ter apresentado resultados positivos, porém não sendo totalmente consolidado, garantiu ganhos como por exemplo, a soldabilidade do item com menor parâmetro de soldagem, quando comparado com os testes sem o uso do dispositivo, ou seja, tendo menos gasto, pois reduz a tensão e a deposição do arame, gastando menos insumo.

Como sugestão para um próximo trabalho, pode-se melhorar a estrutura do dispositivo desenvolvido, assim como fazer o uso da implementação de um dispositivo de solda com o uso de ferramenta *Poka Yoke*, que possui como objetivo principal prevenir o surgimento de erros para o processo de soldagem, visando eliminar as possíveis causas geradoras do problema, visto também que é uma ferramenta utilizada com base do sistema *Lean Manufacturing*, atuando na área de reduzir prejuízos e desperdícios.

Portanto, dessa forma concluímos que o referido trabalho, apresentou resultados satisfatórios, pois atendeu os objetivos específicos e também se percebeu que sem o uso do dispositivo os corpos de prova ficaram reprovados por falta de penetração, devido a posição do direcionamento da tocha estar errado e com o uso de um dispositivo com a sua produção simples e barata, a solda atendeu os critérios de qualidade, ficando aprovada.

REFERÊNCIAS

Allen, T. T., et al, **Statistical Process Design for Robotic GMA Welding of Sheet Metal**. *Welding Journal*, vol. 85, nº.5, 2002.

Altshuller, B. **A Guide to GMA Welding of Aluminum**. *Welding Journal*, vol. 77 nº 6, 1998.

Alves, Valtair de Jesus. **Desenvolvimento de Envelopes Operacionais para Processo MIG/MAG Robotizado com Diferentes Gases de Proteção**. Dissertação.2009. Disponível em:
><https://docplayer.com.br/44888388-Desenvolvimento-de-envelopes-operacionais-para-processo-mig-mag-robotizado-com-diferentes-gases-de-protacao-por-valtair-de-jesus-alves.html> Acessado em 15/09/2021<

Anderson, C., **Advances in Wire-Feeder Technology**. *Welding Design e Fabrication* v. 79, nº. 3, 2006.

ASM Handbook, Vol. 6. **Welding, Brazing and Soldering**. *American Society for Metals*, Vol. 6, 1993. Davies et al. eds., *Materials Park*, Ohio: ASM Internacional.

Aventa, **Poça de fusão**. 2019. Disponível em: ><https://aventa.com.br/novidades/o-que-e-uma-poca-de-fusao>. Acessado em: 18/10/2021. <

AWS D1.1, **Structural Welding Code - Steel, Annex XI, 19th Ed.**, *American Welding Society (AWS)*, Miami, USA, 2004.

Barra, S. et al. **Avaliação dos Efeitos da Variação dos Parâmetros/Procedimentos de Soldagem e Automação, Sobre a Planicidade e Aspecto Superficial dos Revestimentos Empregados em Turbinas Hidráulicas**. In: XXIV ENTS, 1998.

Becker, Marcelo. **Graus de Liberdade em Cadeia Cinemática**. Disponível em: >https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/268537/mod_resource/content/1/Aula%20%20SEM0104%202015.pdf. Acessado 12/11/2021. <

Binzel. **7 defeitos mais comuns na soldagem, causas e soluções**. 2019. Disponível em:><https://blog.binzel-abicor.com/pt/7-defeitos-mais-comuns-na-soldagem-causas-e-solu%C3%A7%C3%B5es>. Acessado em 05/11/2021.<

Bruyne, P. **Dinâmica da Pesquisa em Ciências Sociais**. Rio de Janeiro: Editora Francisco Alves, 1991.

Cadium. **Usinagem por Fresamento a importância do fluido de corte no processo**. 2020. Disponível em: ><https://cadium.com.br/usinagem-por-fresamento-a-importancia-do-fluido-de-corte-no-processo/> Acessado em 16/11/2021.<

CALLISTER, W. D. Jr.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2016.

CIMM. **Teste de Dureza Vickers.** Disponível em: >https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6559-teste-de-dureza-vickers. Acessado em: 11/10/2021.<

COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns.** São Paulo: Editora Blucher, 2008.

DAVIN, J. P.; MAGALHÃES, A. G. **Ensaio Mecânicos e Tecnológicos.** 3ª. ed. Porto: Editora Publindústria, 2010.

ESAB. **Apostila de Metalurgia de Soldagem.** Contagem: ESAB Soldagem e Corte, 2004.

_____. **PROCESSO SOLDAGEM: MIG/MAG (GMAW).** 2021. Disponível em: >https://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_mig_mag_gmaw.cfm. Acessado em 27/10/21.<

FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais.** São Paulo: Blucher, 1977.

Filho, Carlos José. **Padrões de Medição de Dureza.** 2016. Disponível em: ><https://www.blogdoprofessorcarlao.com.br/2016/06/padroes-de-medicao-de-dureza.html>. Acessado em 27/10/2021.<

Furlan, Luiz. **Soldagem1.** 2014. Disponível em: ><https://pt.slideshare.net/lcfurlan/soldagem-1>. Acessado em 18/10/2021.<

GARCIA, A.; SPIM J.A; SANTOS, C.D.S. **Ensaio dos Materiais.** 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Gerdau. **SAE 1045.** 2015. Disponível em: ><https://www.ggdmetals.com.br/wp-content/uploads/2015/07/A%C3%87O-1045.pdf>. Acessado em 24/10/2021.<

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 3ª.Ed. São Paulo: Atlas. 1991.

_____. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

_____. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2007

_____. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 5ª.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GONÇALVES, M.T.T. **Processamento da Madeira.** USC: Bauru, 2000.

Jacob, Felipe. **6 Defeitos Comuns em Soldas de Eletrodo Revestido e Como Evita-las.** Disponível em: ><http://calculistadeaco.com.br/6-defeitos-comuns-em-soldas-de-eletrodo-revestido-e-como-evita-las/>Acessado em: 18/09/2021.<

Jasinevicius, R. G. **SEM 0343 Processos de Usinagem.** 2016. Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2189390/mod_resource/content/1/Aula%20%20Fura%C3%A7%C3%A3o 2016.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2189390/mod_resource/content/1/Aula%20%20Fura%C3%A7%C3%A3o%202016.pdf). Acessado em 16/11/2021.<

Kansert.es, **Conversor de Dureza.** Disponível em: http://www.kansert.es/conv_dur.htm/ Acessado em 11/09/2021<

Kobelco. **Soldadura dos aços de carbono médio/alto e dos aços especiais.** 2021. Disponível em: <https://www.kobelco-welding.jp/portuguese/education-center/medium/medium02.html>. Acessado em: 05/11/2021.<

LAKATOS, Eva Maria & MARCONI, Marina de Andrade. **Metodologia Científica.** 2ª Ed. São Paulo: Editora Atlas. 1991

_____. **Metodologia do Trabalho Científico.** São Paulo: Atlas, 1995.

Luz, Gelson. **Aço SAE 1020 Propriedades Mecânicas.** Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/aco-sae-1020-propriedades-mecanicas.html>. Acessado em: 23/10/2021.<

MACHADO, I. G. **Soldagem e Técnicas Conexas: Processos.** Porto Alegre: [s.n.], 1996.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa: Planejamento e Execução de Pesquisas, Amostragens e Técnicas de Pesquisas, Elaboração e Interpretação de Dados.** 3ª.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem Fundamentos e Tecnologia.** 3ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009.

Mashiri, F. R., Zhao, X. L., Grundy, P. GR, **Effects of Weld Profile and Undercut on Fatigue Crack Propagation Life of thin-walled Cruciform Joint Thin-Walled Structures.** v.39, 2001.

Materiais Junior. **Ensaio Mecânico Dureza.** Disponível em: <https://materiaisjr.com.br/ensaio-mecanico-dureza/>Acessado em: 12/10/2021.<

Nguyen,T. C., et al, **High Speed Fusion Weld Bead Defects.** *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 11, 2006.

Rijeza. **Conheça Mais Sobre a Dureza Vickers.** Disponível em: <https://rijeza.com.br/blog/conheca-mais-sobre-a-dureza-vickers/>Acessado em: 27/10/2021.<

Rijeza. **Metalografia: O que é e para que é utilizada essa análise?** Disponível em: <https://rijeza.com.br/blog/metalografia-o-que-e-e-para-que-e-utilizada-essa-analise/>Acessado em: 06/08/2021.<

SANTOS, C. E. F. dos. **Processo de Soldagem: Conceitos, Equipamentos e Normas de Segurança**. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2015.

Schneiders, Cristiane M. **Análise Comparativa de Ensaios Mecânicos Entre Juntas Soldadas de Perfil “T” Para Utilização no Chassi de um Veículo “OFF ROAD”**. TFC. 2019. Disponível em:
>https://fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Mecanica/2019/CristianeMarieleSchneiders.pdf Acessado em 21/04/21<

Shi, Y., et. al., **Analysis of Metal Transfer and Correlated Influences in Dual-Bypass GMAW of Aluminum**. *Welding Journal*, v. 87, nº.9, 2008.

SOUZA, S. A de. **Ensaios Mecânicos de Materiais Metálicos: Fundamentos Teóricos e Práticos**. 5ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 1982.

Sumig. **Tudo o que você precisa saber sobre o processo de soldagem Mig/Mag**. 2018. Disponível em:><https://www.sumig.com/pt/blog/post/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-processo-de-soldagem-mig-mag>. Acessado em: 05/11/2021.<

SSAB. **ASTM A1011**. Disponível em: ><https://www.ssab.us/products/commercial-steel/products/astm-a1011?pc=pc7C665F5DC18347CAB72B4D800985D881>. Acessado em: 18/09/2021.<

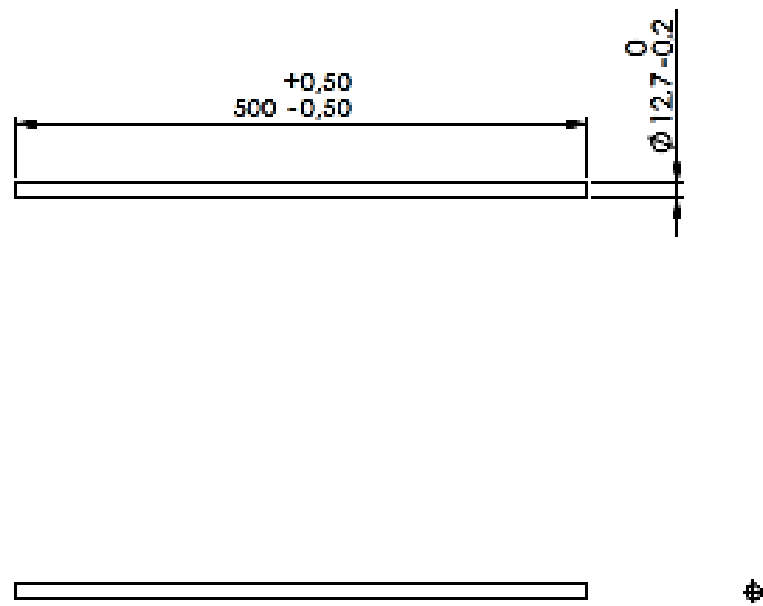
THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 2ª. ed. São Paulo: Cortez, 1986.

VILLANI, P. M.; MODANESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: Fundamentos e Tecnologia**. 3ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.


WEINER, E.; BRANDI, S. D.; MELLO, F.D.A. **Soldagem: Processos e Metalurgia**. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 1992.

WEMAN, K. **Welding Processes Handbook**. 2ª ed. Philadelphia: Woodhead Publishing, 2012.

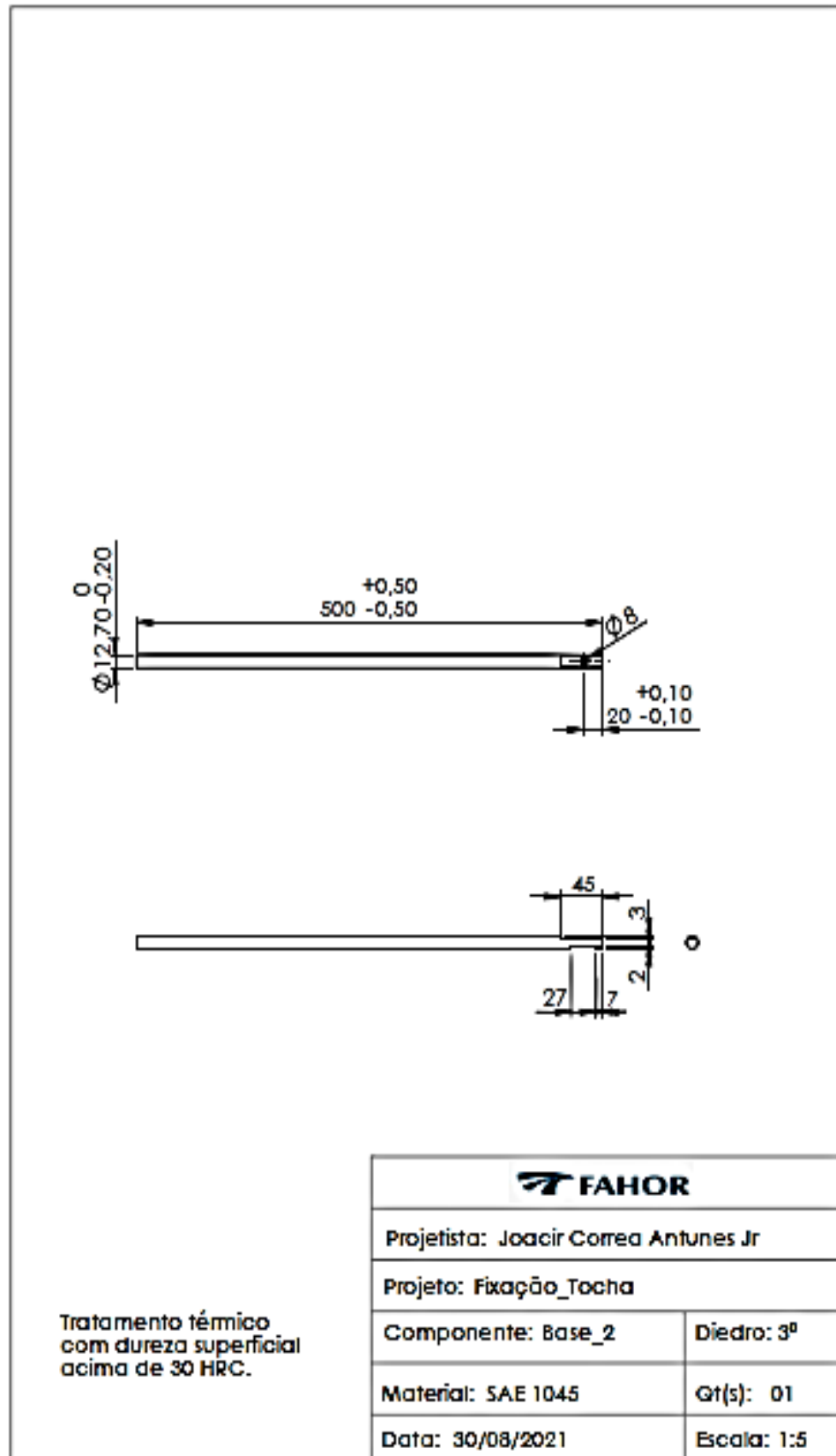
Apêndice A1 – Desenho da Base 1



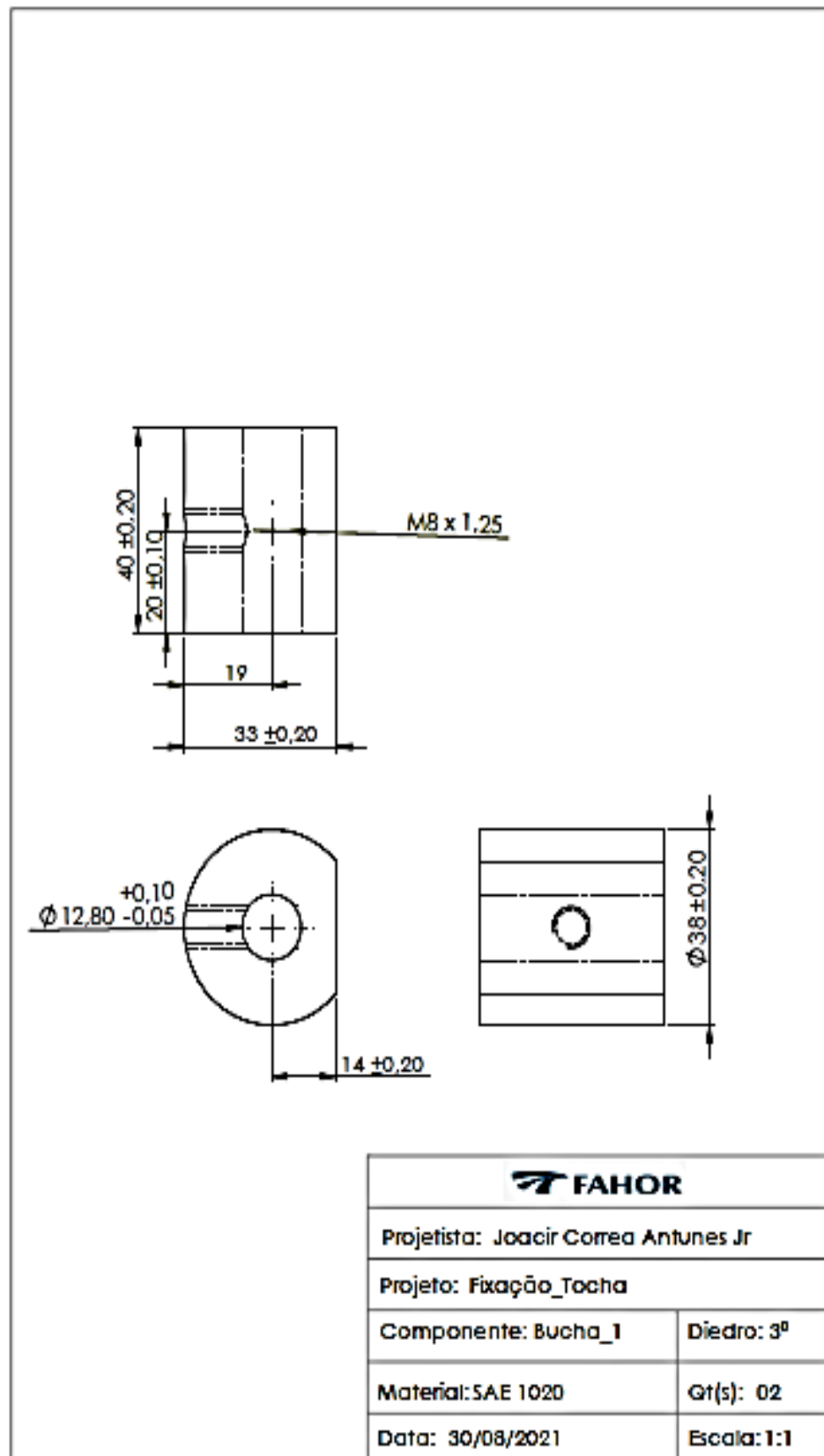
Tratamento térmico
com dureza superficial
acima de 30 HRC.

	
Projetista: Joacir Correa Antunes Jr	
Projeto: Fixação_Tocha	
Componente: Base_1	Diedro: 3º
Material: SAE 1045	Gt(s): 01
Data: 30/08/2021	Escala: 1:5

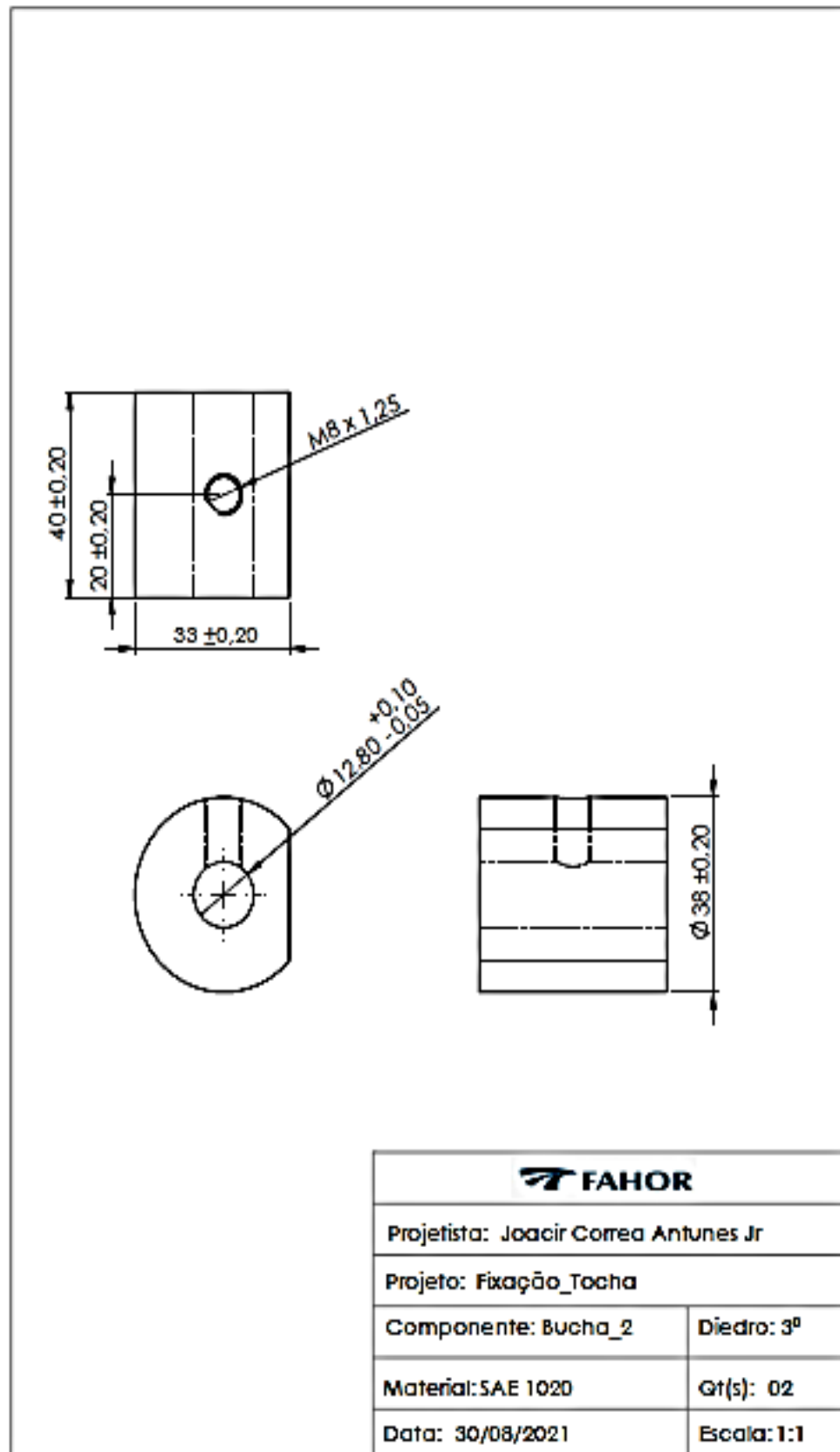
Apêndice A2 – Desenho da Base 2



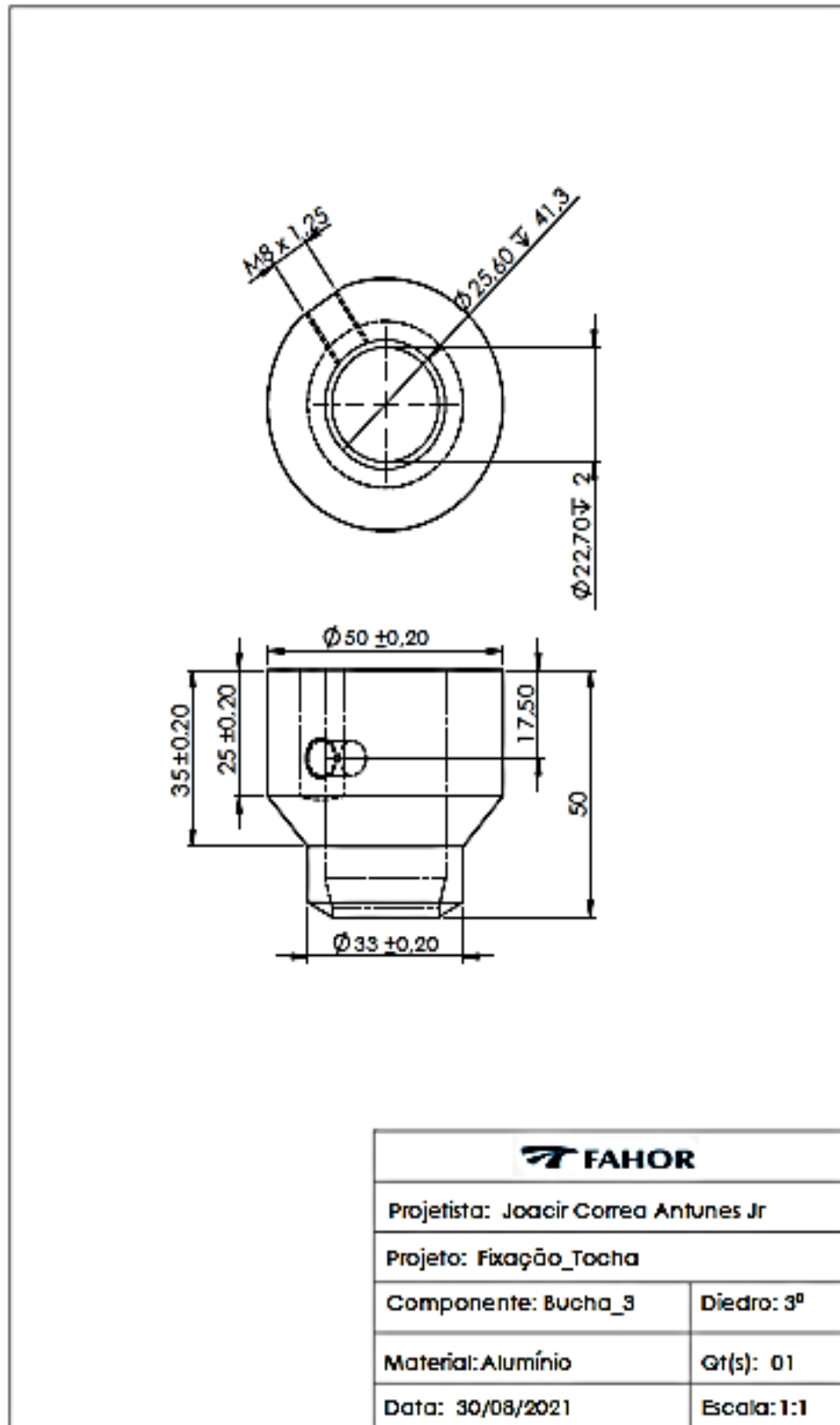
Apêndice A3 – Desenho da Bucha 1



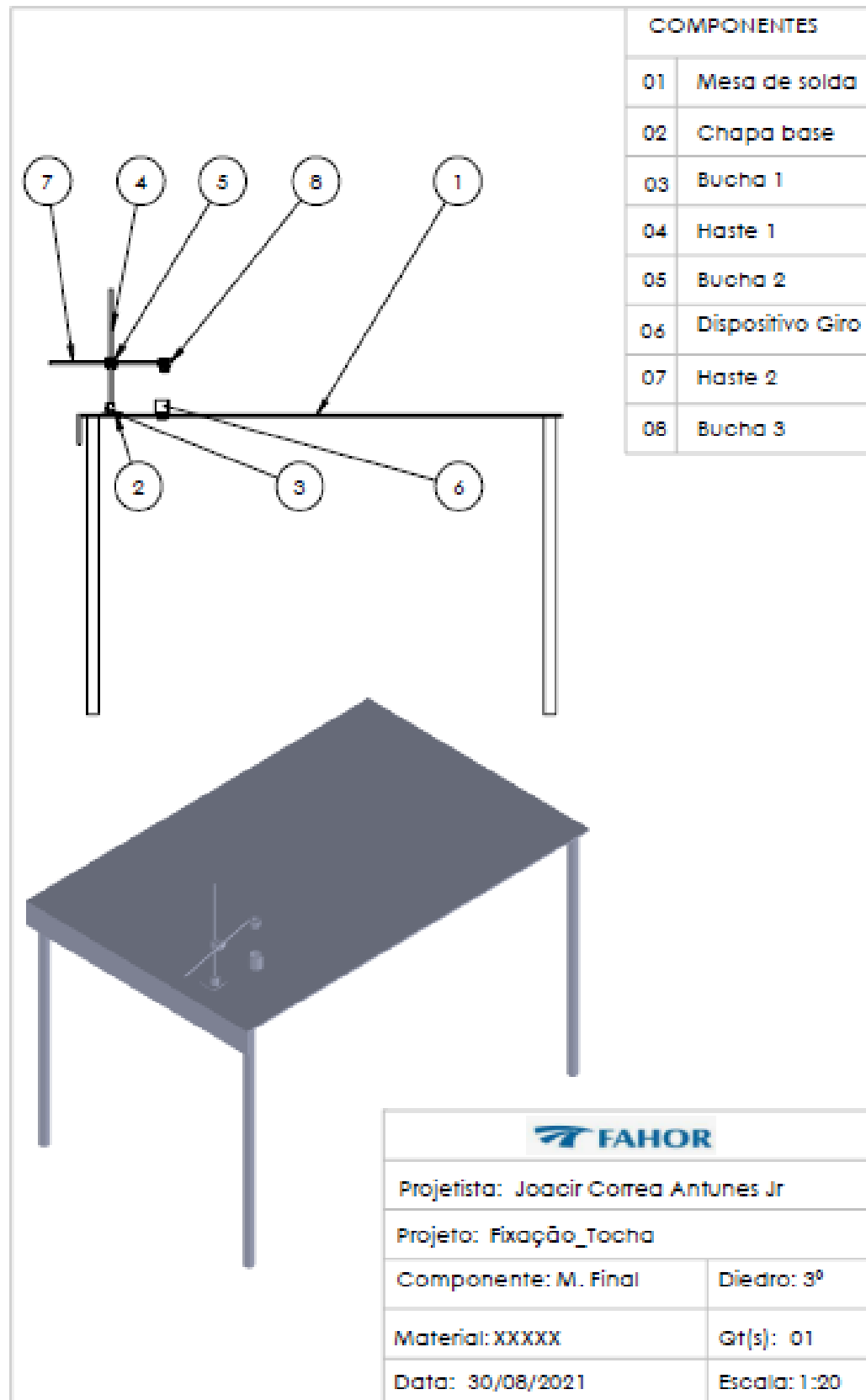
Apêndice A4 – Desenho da Bucha 2




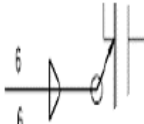
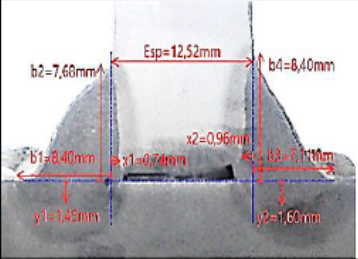
Apêndice A5 – Desenho da Bucha 3




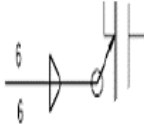
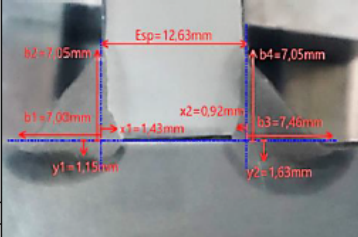
Apêndice A6 – Desenho da Montagem Final




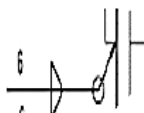
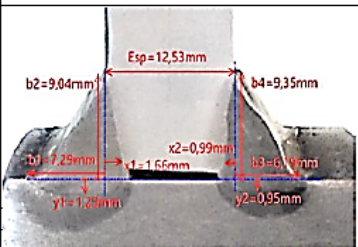
Apêndice B1 – Análise Macrográfica de Solda CP 1

 GESTÃO DA QUALIDADE INDUSTRIAL								RG: 12
RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E ANÁLISE - RIA (SOLDA)								
Tipo de Análise	(X) Amostra () Protótipo () Linha						Rev Doc: E	
Código da peça	JA032021_1	Descrição	CJ SOLDADO GUIA					
Quantidade	1	Revisão/ Versão/ Data	1/ 1.1 / 20-05-2021	Inspetor/ Data	Joacir Jr 10/09/2021			
Aprovado por	XXXXX	Função / Data:	Supervisor da Qualidade 10/09/2021					
Característica / Localização (Quadrante)	Numero de amostras	Especificação do Cordão	PERNA (mm)	Fusão Horizontal (mm)	Fusão Vertical (mm) Pino	Comprimento do Cordão	Fotos do ensaio	STATUS
	1		b1 = 8,40 b2 = 7,68 b3 = 7,11 b4 = 8,40	x1 = 0,74 x2 = 0,96	y1 = 1,45 y2 = 1,60			REPROVADO
Dureza ZTA:	mm HRC	0,5 37	1 34	1,5 24	2 17	2,5 16	3 14	
Parâmetros de Solda								
Voltagem:	30,4 - 30,8	V	Tipo de gás:	75 / 25 - Ar / CO ₂	Arame:	Arame Cobreado - 1 mm		
Amperagem:	220 - 232	A	Velocidade de giro da peça:	21 a 22	Resfriamento:	Peça resfriada no tempo.		
Vazão gás:	08 A 15	L/min						


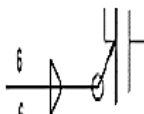
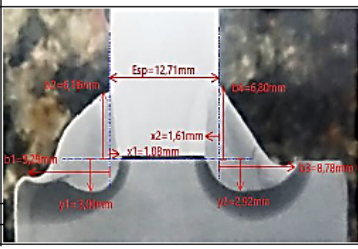
Apêndice B2 – Análise Macrográfica de Solda CP 2

 GESTÃO DA QUALIDADE INDUSTRIAL								RG: 12
RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E ANÁLISE - RIA (SOLDA)								
Tipo de Análise	(X) Amostra () Protótipo () Linha						Rev Doc: E	
Código da peça	JA032021_2	Descrição	CJ SOLDADO GUIA					
Quantidade	1	Revisão/ Versão/ Data	1/ 1.1 / 20-05-2021	Inspetor/ Data	Joacir Jr 10/09/2021			
Aprovado por	XXXXX	Função / Data:	Supervisor da Qualidade 10/09/2021					
Característica / Localização (Quadrante)	Numero de amostras	Especificação do Cordão	PERNA (mm)	Fusão Horizontal (mm)	Fusão Vertical (mm) Pino	Comprimento do Cordão	Fotos do ensaio	STATUS
	1		b1 = 7,00 b2 = 7,05 b3 = 7,46 b4 = 7,05	x1 = 1,43 x2 = 0,92	y1 = 1,15 y2 = 1,63			REPROVADO
Dureza ZTA:	mm HRC	0,5 33	1 30	1,5 24	2 12	2,5 11	3 12	
Parâmetros de Solda								
Voltagem:	31,6 - 32	V	Tipo de gás:	100 % - CO ₂	Arame:	Arame Tubular		
Amperagem:	268 - 290	A	Velocidade de giro da peça:	20	Resfriamento:	Peça resfriada no tempo.		
Vazão gás:	08 A 15	L/min						


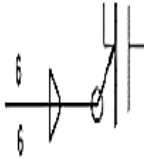
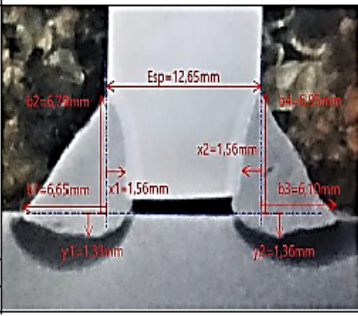
Apêndice B3 – Análise Macrográfica de Solda CP 3

		GESTÃO DA QUALIDADE INDUSTRIAL						RG: 12
RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E ANÁLISE - RIA (SOLDA)								
Tipo de Análise	(X) Amostra () Protótipo () Linha						Rev Doc: E	
Código da peça	JA032021_3	Descrição	CJ SOLDADO GUIA					
Quantidade	1	Revisão/ Versão/ Data	1/ 1.1 / 20-05-2021	Inspetor/ Data	Joacir Jr 10/09/2021			
Aprovado por	XXXXX	Função / Data:	Supervisor da Qualidade 10/09/2021					
Característica a / Localização (Quadrante)	Numero de amostras	Especificação do Cordão	PERNA (mm)	Fusão Horizontal (mm)	Fusão Vertical (mm) Pino	Comprimento do Cordão	Fotos do ensaio	STATUS
-	1		b1 = 7,29 b2 = 9,04 b3 = 6,19 b4 = 9,35	x1 = 1,66 x2 = 0,99	y1 = 1,23 y2 = 0,95	-		REPROVADO
Dureza ZTA:	mm	0,5	1	1,5	2	2,5	3	
	HRC	36	32	24	19	16	14	
Parâmetros de Solda								
Voltagem:	30 - 32	V	Tipo de gás:	75/25 % - Ar/CO ₂		Arame:	Arame Cobreado - 1 mm	
Amperagem:	248 - 270	A	Velocidade de giro da peça:	20		Resfriamento:	Peça resfriada no tempo.	
Vazão gás:	08 A 15	l/min						

Apêndice B4 – Análise Macrográfica de Solda CP 4

		GESTÃO DA QUALIDADE INDUSTRIAL						RG: 12
RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E ANÁLISE - RIA (SOLDA)								
Tipo de Análise	(X) Amostra () Protótipo () Linha						Rev Doc: E	
Código da peça	JA032021_4	Descrição	CJ SOLDADO GUIA					
Quantidade	1	Revisão/ Versão/ Data	1/ 1.1 / 20-05-2021	Inspetor/ Data	Joacir Jr 10/09/2021			
Aprovado por	XXXXX	Função / Data:	Supervisor da Qualidade 10/09/2021					
Característica a / Localização (Quadrante)	Numero de amostras	Especificação do Cordão	PERNA (mm)	Fusão Horizontal (mm)	Fusão Vertical (mm) Pino	Comprimento do Cordão	Fotos do ensaio	STATUS
-	1		b1 = 9,29 b2 = 6,16 b3 = 8,78 b4 = 6,80	x1 = 1,08 x2 = 1,61	y1 = 3,00 y2 = 2,92	-		REPROVADO
Dureza ZTA:	mm	0,5	1	1,5	2	2,5	3	
	HRC	26	26	22	17	16	13	
Parâmetros de Solda								
Voltagem:	32	V	Tipo de gás:	100 % - CO ₂		Arame:	Arame Tubular	
Amperagem:	292 - 296	A	Velocidade de giro da peça:	20		Resfriamento:	Peça colocada em recipiente fechado.	
Vazão gás:	08 A 15	l/min						

Apêndice B5 – Análise Macrográfica de Solda CP 5

		GESTÃO DA QUALIDADE INDUSTRIAL					RG: 12	
RELATÓRIO DE INSPEÇÃO E ANÁLISE - RIA (SOLDA)								
Tipo de Análise	(X) Amostra () Protótipo () Linha					Rev Doc: E		
Código da peça	JA032021_5	Descrição	CJ SOLDADO GUIA					
Quantidade	1	Revisão/ Versão/ Data	1/ 1.1 / 20-05-2021	Inspetor/ Data	Jocair Jr 10/09/2021			
Aprovado por	XXXXX	Função / Data:	Supervisor da Qualidade 10/09/2021					
Característica / Localização (Quadrante)	Numero de amostras	Especificação do Cordão	PERNA (mm)	Fusão Horizontal (mm)	Fusão Vertical (mm) Pino	Comprimento do Cordão	Fotos do ensaio	STATUS
-	1		b1 = 6,65 b2 = 6,79 b3 = 6,10 b4 = 6,95	x1 = 1,56 x2 = 1,56	y1 = 1,33 y2 = 1,36	-		APROVADO
Dureza ZTA:	mm	0,5	1	1,5	2	2,5	3	
	HRC	30	26	23	17	21	16	
Parâmetros de Solda								
Voltagem:	30,4	V	Tipo de gás:	75/25 % - Ar/CO ₂	Arame:	Arame Cobreado - 1 mm		
Amperagem:	228	A	Velocidade de giro da peça:	20	Resfriamento:	Peça colocada em recipiente fechado.		
Vazão gás:	08 A 15	l/min						