

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG
WILLIAM ANTONIO LEMES SCAPINI

ANÁLISE COMPARATIVA DE CONSUMÍVEIS NO PROCESSO DE SOLDAGEM
FCAW MIG/MAG

CASCADEL - PR
2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG
WILLIAM ANTONIO LEMES SCAPINI

ANÁLISE COMPARATIVA DE CONSUMÍVEIS NO PROCESSO DE SOLDAGEM
FCAW MIG/MAG

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz – FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador Msc: Sergio Henrique Rodrigues Mota.

CASCADEL - PR

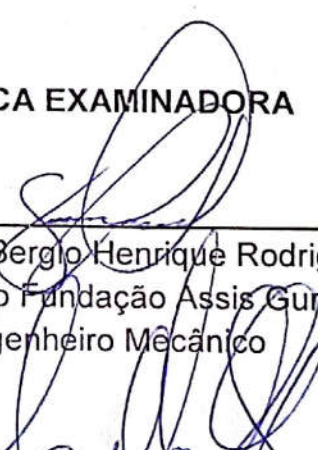
2017

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ – FAG
WILLIAM ANTONIO LEMES SCAPINI

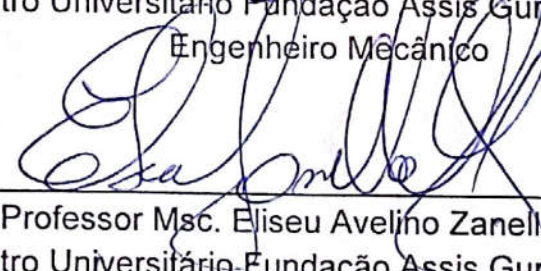
ANÁLISE COMPARATIVA DE CONSUMÍVEIS NO PROCESSO DE SOLDAGEM
FCAW MIG/MAG

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz – FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Sergio Henrique Rodrigues Mota.

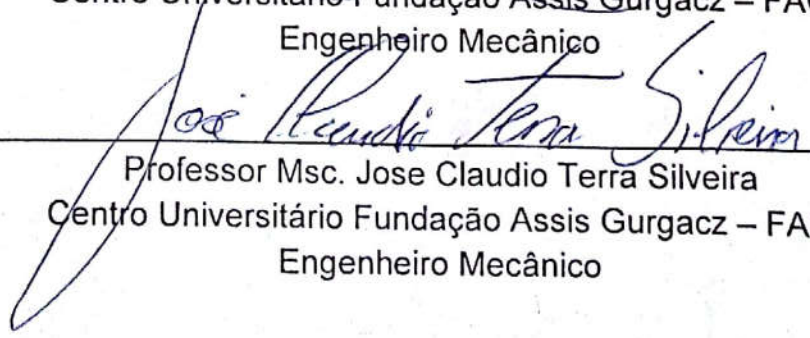
BANCA EXAMINADORA



Orientador Msc. Sergio Henrique Rodrigues Mota
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Msc. Eliseu Avelino Zanella Junior
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Msc. Jose Claudio Terra Silveira
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico

CASCADEL, 29 DE 11 DE 2017.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a minha família e a instituição pelos ambientes oferecidos aos seus alunos e aos profissionais que disponibilizara para nos ensinar. Agradeço também ao meu orientador, Sergio Henrique Rodrigues Mota, pela dedicação e ensinamentos que possibilitaram que eu realizasse este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente pela saúde e força para superar as dificuldades, a minha mãe em especial que sempre esteve ao meu lado apoiando e incentivando incondicional em todos os dias e momentos da minha vida. À esta Instituição, seu corpo docente, direção que me oportunizaram o conhecimento para realizar este trabalho.

Agradeço a todos os professores por propiciar não apenas conhecimento no processo de formação profissional, mas também na formação como pessoa.

E, aos amigos, irmãos e a todos que direta e indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu agradecimento.

Muito Obrigado!

RESUMO

Em virtude do avanço tecnológico nos processos de soldagem e do desenvolvimento de novos produtos buscando a redução de custo juntamente com soluções que apresentem melhores resultados produtivos, diante dessa filosofia os processos de soldagem vem cada vez mais aumentando sua participação nos processos produtivos, antes visto apenas como papel relevante nos processos em geral. Diante deste cenário é fundamental desenvolver análises dos processos e de seus consumíveis, através de solicitações mecânicas, a fim de determina as propriedades mecânicas da junta soldada. O presente trabalho busca analisar as principais influencias dos parâmetros de soldagem e suas variáveis no processo MIG/MAG (FCAW). Utilizando arames tubulares com proteção externa gasosa (FCAW-G), e também sem proteção externa (FCAW-S). Diante desses dois consumíveis foram realizadas comparações e alternância de parâmetros, como tensão do arco (V), velocidade de soldagem (Vs), Distância de bico de contato contra a peça (DBCP), e corrente de soldagem (A). A fim de analisar suas influencias sobre o cordão de solda em relação a altura e largura, e de determinar a taxa de deposição em cada parâmetro, realizando a análise das juntas soldadas, através de ensaios mecânicos de dureza analisando as regiões afetadas termicamente (ZTA), metal de base (MB), e zona fundida (ZF). Verificando também o comportamento mecânico da junta quando solicitado a ensaio de tração.

Palavras chaves: Processo de soldagem. Arames tubulares.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Sistema de soldagem a arco com eletrodo patente de bernardos.	17
Figura 2 - Evolução dos processos de soldagem ao longo do tempo.	18
Figura 3 - Processo de soldagem MIG/MAG.....	19
Figura 4 - Equipamentos para soldagem MIG/MAG.....	20
Figura 5 - Geometria Do Cordão A - Processo GMAW B - Processo FCAW	20
Figura 6 - Classificação genérica de um arame tubular.	23
Figura 7 - Seção transversal de um arame tubular, e seu fluxo interno com diferentes materiais de adição.	25
Figura 8 - Influencia da distância do bico em relação a peça.....	27
Figura 9 - Principais tipos de transferência metálicas.	30
Figura 10 - Regiões de uma junta soldada.....	31
Figura 11 - Desenho esquemático das regiões de uma junta soldada.....	31
Figura 12 - Desenho esquemático dos crescimento dos grãos.....	32
Figura 13 - Distribuição da temperatura na ZTA.	33
Figura 14 - Corpos de provas com chanfro antes do processo de soldagem.	39
Figura 15 - Corpos de provas após processo de soldagem e polimento.....	40
Figura 16 - Corpos de prova ESAB E71-T1 pronto para teste de dureza.	43
Figura 17 - Detalhes dos corpos de prova.....	44
Figura 18 - Corpo de prova para ensaios de tração.	44
Figura 19 - Leitura da altura do cordão de solda.....	45
Figura 20 - Cordão de solda parâmetro seis ESAB.....	47
Figura 21 - Cordão de solda parâmetro treze HORBAT.....	48
Figura 22 - Efeito da DBCP no processo para XLR-8 (DBCP-20 mm).....	49
Figura 23 - Efeito da DBCP no processo para XLR-8 (DBCP-15 mm).....	49
Figura 24 - Ensaio de dureza no corpos de prova.....	59
Figura 25 - Ensaio de tração nos corpos de prova.	61
Figura 26 - Corpo de prova E71-T1 (1).	62
Figura 27 - Corpo de prova E71-T1 (2).	62
Figura 28 - Corpos de prova após ensaios.	63

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Seleção de gases para soldagem de aço carbono.....	28
Tabela 2 - Características químicas dos arames.	35
Tabela 3 - Características físicas dos consumíveis.....	35
Tabela 4 - Composição química para o aço ASTM A-36	35
Tabela 5 - Propriedades mecânicas do aço ASTM A-36.....	36
Tabela 6 - Parâmetros ESAB E-71-T.	37
Tabela 7 - Parâmetros HOBART XLR-8.....	37
Tabela 8 - Valores variáveis dos parâmetros para o consumível ESAB E71-T.....	38
Tabela 9 - Valores variáveis dos parâmetros para o consumível HOBART XLR-8. ...	38
Tabela 10 - Regiões de leituras nos corpos de prova.	42
Tabela 11 - Numeração dos corpos de provas e seus parâmetros.	42
Tabela 12 - Dados dos corpos de prova.	44
Tabela 13 - Morfologia dos cordões de solda parâmetros ESAB.....	46
Tabela 14 - Morfologia dos cordões de solda parâmetros HOBART.....	46
Tabela 15 - Taxa de deposição para consumível E71-T1.	50
Tabela 16 - Parâmetros recomendados ESAB.....	51
Tabela 17 – Parâmetros com maiores taxa de deposição ESAB E71-T1.	51
Tabela 18 - Parâmetros recomendados HOBART.	52
Tabela 19 - Parâmetros com maiores taxa de deposição HOBART XLR-8.	52
Tabela 20 - Taxa de deposição para consumível XLR-8.....	52
Tabela 21 - Efeito do aumento da tensão e corrente na taxa de deposição E71-T1.	54
Tabela 22 - Efeito do aumento da tensão e corrente na taxa de deposição XLR-8. .	55
Tabela 23 - Influência da DBCP na taxa de deposição E71-T1.	56
Tabela 24 - Influência da velocidade de soldagem na taxa de deposição E71-T1....	57
Tabela 25 - Influência da DBCP na taxa de deposição XLR-8.....	57
Tabela 26 - Influência da velocidade de soldagem na taxa de deposição XLR-8.	58
Tabela 27 - Regiões de leituras nos corpos de prova.	59
Tabela 28 - Dureza dos corpos de prova E71-T1.....	59
Tabela 29 - Dureza dos corpos de prova XLR-8.	60
Tabela 30 - Parâmetros que apresentaram maiores taxas de deposição.	61
Tabela 31 - Resultados dos ensaios de tração.	63

Tabela 32 - Propriedades mecânicas dos consumíveis.	63
Tabela 33 - Propriedades do material de base.....	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico linear da taxa de deposição E71-T1.....	50
Gráfico 2 - Gráfico de barras da taxa de deposição E71-T1.	51
Gráfico 3 - Gráfico linear da taxa de deposição XLR-8.	53
Gráfico 4 - Gráfico de barras da taxa de deposição XLR-8.....	53
Gráfico 5 - Gráfico influência da tensão na taxa de deposição ESAB E71-T1 (1).....	54
Gráfico 6 - Gráfico influência da tensão na taxa de deposição ESAB E71-T1 (2).....	54
Gráfico 7 - Gráfico influência da tensão na taxa de deposição XLR-8 (1).....	55
Gráfico 8 - Gráfico influência da tensão na taxa de deposição XLR-8 (2).....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas
ANSI - *American National Steel Iron*
ASME - *American Society Of Mechanical Engineers*
ASTM - *American Society For Testing And Material.*
AWS - *American Welding Society.*
CCC - Cúbica De Corpo Centrado.
CFC - Cúbica De Face Centrada.
CO₂ - Dióxido De Carbono.
DBCP - Distância Bico De Contato-Peça, Ou Stickout (mm).
FCAW - *Flux Cored Arc Welding.*
FCAW-G - *Gas Shielded Flux Cored Arc Welding.*
FCAW-S - *Self-Shielded Flux Cored Arc Welding.*
GMAW - *Gas Metal Arc Welding.*
LR – Limite De Ruptura
MAG - *Metal Active Gas.*
MB - Metal De Base.
MIG - *Metal Inert Gas.*
SMAW - *Shielded Metal Arc Welding.*
V - Tensão Do Arco No Processo De Soldagem.
Vs – Velocidade De Soldagem.
ZF – Zona Fundida.
ZTA – Zona Termicamente Afetada.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Energia da soldagem.	34
Equação 2 - Taxa de deposição.	41
Equação 3 - Tempo de soldagem.	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo geral	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 HISTÓRICO DO PROCESSO DE SOLDAGEM.....	17
2.2 PROCESSO MIG/MAG	18
2.3 PROCESSO FCAW.....	20
2.3.1 Soldagem sem gás de proteção (FCAW-S)	21
2.3.2 Soldagem com gás de proteção (FCAW-G)	22
2.4 CLASSIFICAÇÃO DE ARAMES E SUAS CARACTERÍSTICAS	22
2.4.1 Arames Sólidos	24
2.4.2 Arames Tubulares	24
2.5 VARIÁVEIS DO PROCESSO	25
2.5.1 Corrente de soldagem	25
2.5.2 Fonte de energia	26
2.5.3 Tensão do arco elétrico	26
2.5.4 Velocidade de soldagem	26
2.5.5 Distância do bico de contato contra a peça (DBCP)	27
2.5.6 Tipo de gás.....	27
2.5.7 Tipos de transferência metálicas.....	28
2.6 REGIÕES DE UMA JUNTA SOLDADA.....	30
2.6.1 Zona fundida	31
2.6.2 Zona termicamente afetada.....	32
2.7 DUREZA.....	33
2.8 ENERGIA DA SOLDAGEM	34
3 MATERIAIS E METÓDOS	35
3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROCESSO	36
3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	36

3.3 PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM.....	37
3.3.1 Solda sobre as chapas	38
3.3.2 Solda sobre juntas chanfradas	39
3.4 PROCESSO DE SOLDAGEM.....	39
3.5 TAXA DE DEPOSIÇÃO	40
3.6 ENSAIOS DE DUREZA.....	42
3.7 ENSAIO DE TRAÇÃO	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
4.1 MORFOLOGIA DO CORDÃO DE SOLDA.....	45
4.2 EFEITO DA TENSÃO E CORRENTE	47
4.3 EFEITO DA DBCP E VELOCIDADE DE SOLDAGEM.....	48
4.4 EFEITOS DOS PARÂMETROS SOBRE A TAXA DE DEPOSIÇÃO	49
4.5 INFLUÊNCIA DA TENSÃO E CORRENTE SOBRE A TAXA DE DEPOSIÇÃO..	53
4.6 INFLUÊNCIA DA DBCP E VELOCIDADE DE SOLDAGEM NA TAXA DE DEPOSIÇÃO	56
4.7 ENSAIOS DE DUREZA NOS CORPO DE PROVA	58
4.8 ENSAIO DE TRAÇÃO NOS CORPOS DE PROVA	61
5 CONCLUSÕES	65
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
5.2 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	66

1 INTRODUÇÃO

Atualmente na indústria metal mecânica ocorre uma busca por maior produtividade aliando a isso um menor custo de fabricação, de encontro a isso a área de soldagem vem se destacando com a variação de processos dentre esses o processo FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) que vem sendo muito empregado nos EUA e Japão sendo ainda pouco difundido e explorado atualmente na indústria brasileira, onde vem representando apenas cerca de 2% (1600ton/ano) do total de consumíveis produzidos nacionalmente contra 65% dos eletrodos revestidos (FORTES, 2004).

O aumento da participação no processo de soldagem com arames tubulares em relação aos arames maciços vem ocorrendo em diversas áreas, esse processo vem apresentando um desenvolvimento contínuo na área de qualidade e custos e na flexibilização do processo. Contendo características importantes como produtividade e qualidade em ambas variedades de aplicações de aços possibilitando o uso em processos automáticos ou semiautomático (MOREIRA, 2006). A soldagem a arco com arame tubular (FCAW) e arame sólido (GMAW), possuem vantagens sobre os demais processos como o alto fator de trabalho do soldador e as elevadas taxas de deposições resultando em uma maior produtividade.

Já a soldagem a arco com arame tubular (FCAW) é um processo que reúne as principais vantagens do processo (GMAW), que utiliza o arame sólido com proteção externa e a versatilidade do processo (SMAW), possibilitando assim a facilidade de operação em campo. Este processo além de proporcionar grandes produtividades apresenta uma alternativa capaz de proporcionar ganhos com um mínimo de investimentos, visto que os equipamentos e os princípios de funcionamento dos equipamentos são semelhantes aos usados nos processos (MIG) e (MAG) (MACHADO, 1996). Baseado nestes aspectos este trabalho visa fazer uma avaliação comparativa entre os consumíveis (FCAW), verificando a sua soldabilidade e variação da taxa de deposição através das alterações dos parâmetros de soldagem a fim de definir suas propriedades metalúrgicas, assim como suas características mecânicas de resistência. Realizando a comparação do arame tubular com proteção externa através de gás, em relação ao arame auto protegido sem proteção externa.

1.1 OBJETIVOS

Diante dos diversos consumíveis presentes no empreendimento o estudo limitou-se a apenas efetuar a análise comparativa dos consumíveis do processo de soldagem (FCAW). Utilizando um consumível já utilizado no empreendimento da marca ESAB e outro oferecido para teste da marca HOBART. Assim explorando mais profundamente o processo de soldagem e suas características de soldabilidade, analisando suas vantagens em relação aos outros processos, realizando a comparação entre os consumíveis aplicado em questão analisando suas taxas de deposição em relação a alternâncias dos principais parâmetros ligados a taxa de deposição.

1.1.1 Objetivo geral

Analisar os dados coletados afim realizar uma análise comparativa entre as taxas de deposição dos dois consumíveis utilizados, analisando também por meio de ensaios de dureza as zonas termicamente afetada (ZTA), analisando as variáveis do processo, tensão corrente e velocidade de soldagem e verificando a resistência das juntas soldadas proporcionando assim um estudo aprofundando com base no processo de soldagem FCAW assim definindo o consumível que apresenta maior taxa de deposição dentre os analisados.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar as influências dos parâmetros de soldagem no processo.
- Verificar a soldabilidade do aço ASTM A-36 utilizando os processos de soldagem FCAW em chapas soldadas na posição plana.
- Analisar a Taxa de deposição.
- Verificação de resistência mecânica nas juntas soldada pelo processo (FCAW). Investigando o perfil de dureza nas zonas termicamente afetada (ZTA) no metal de solda e no metal de adição.

1.2 JUSTIFICATIVA

Ampliar o conhecimento do processo FCAW, através das análises comparativa entre os consumíveis buscando identificar pontos de redução de custos, e redução de tempo nos processo. Através das análises identificar no processo as limitações existentes aos consumíveis e ao processo em questão, assim utilizando conjuntos de parâmetros, que apresentem resultados satisfatórios propiciando a execução de atividades em um menor prazo, reduzindo custo adicionais servindo de base para aplicações em novas área e projetos futuros.

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho se limitou a estudar o processo FCAW, com arame tubular proteção externa gasosa 100% CO₂, alterando os parâmetros de soldagem para cada consumível a partir dos parâmetros aconselháveis pelo fabricante, comparando os mesmo em relação ao Arame Auto protegido, analisando as características que cada consumível apresenta no processo.

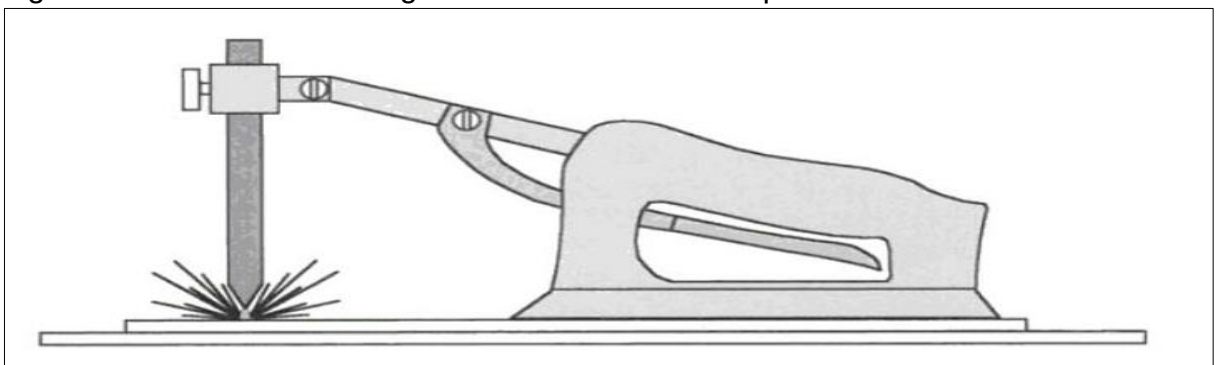
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO DO PROCESSO DE SOLDAGEM

A Arte de unir materiais já era conhecida desde as eras Pré-históricas um exemplo é a brasagem em que se utilizava entre ouro e cobre desde 3000 a.C. em que as únicas fontes de energia conhecidas era a lenha e o carvão, de modo que o avanço nessa época ficava retido as fontes de energia (OKUMURA, 1982).

O avanço da soldagem ocorreu após a descoberta da energia elétrica o que impulsionou a mesma para vários estagio até o que se encontra hoje. Prova disso consiste em que o fato de expansão e avanço foram desenvolvidos na sua maioria somente a parti do fim do Séc. 19 quando o eletrodo de metal foi inventado. A soldagem permaneceu como um processo secundário de fabricação, até o Sec. 19. Até as experiências de Sir Humphrey Davy (1801 A 1806). Mudar radicalmente a história da soldagem com a descoberta do arco elétrico e do acetileno por Edmund Davy e do desenvolvimento de fontes de energia, que possibilitaram o avanço surgindo a primeira patente de um processo de soldagem, obtida na Inglaterra por Nikolas Bernardos e Stanislav Olszewsky em 1885 (BRACARENSE, 2005).

Figura 1 – Sistema de soldagem a arco com eletrodo patente de bernardos.

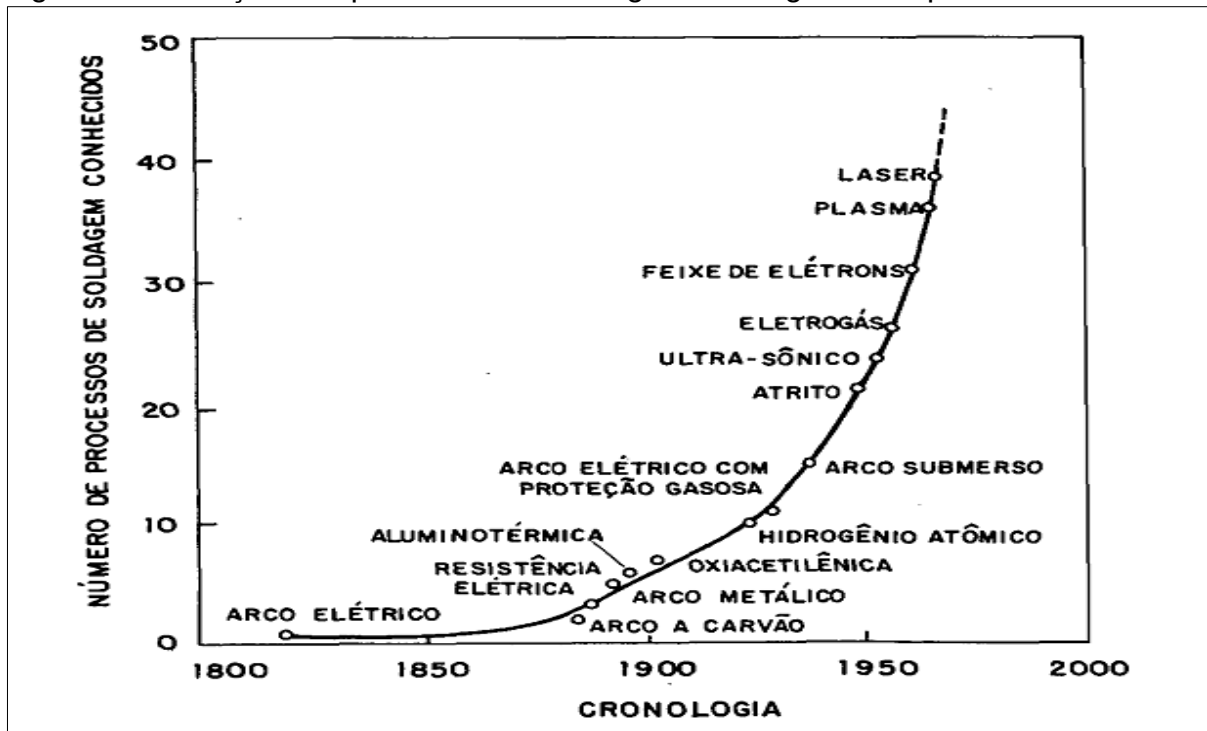


Fonte - Marques, Modenesi e Bracarense (2005).

Segundo Okumura e Taniguchi (1982), o rápido progresso da ciência e da tecnologia entre 1900 e os anos 2000 proporcionaram um impulso a engenharia de soldagem, o que possibilitou os desenvolvimentos de novas técnicas desta cada vez

mais sofisticadas e voltadas para áreas específicas durante essa fase podem ser destacados os métodos de soldagem por pressão a frio e por atrito em atmosfera sem gás e com gás, A soldagem por eletro escória, soldagem ultrassônica, por feixe de elétrons, a plasma e laser entre outros métodos. Conforme a imagem abaixo.

Figura 2 - Evolução dos processos de soldagem ao longo do tempo.



Fonte - Soldagem processos e metalurgia (Wainer, 1992).

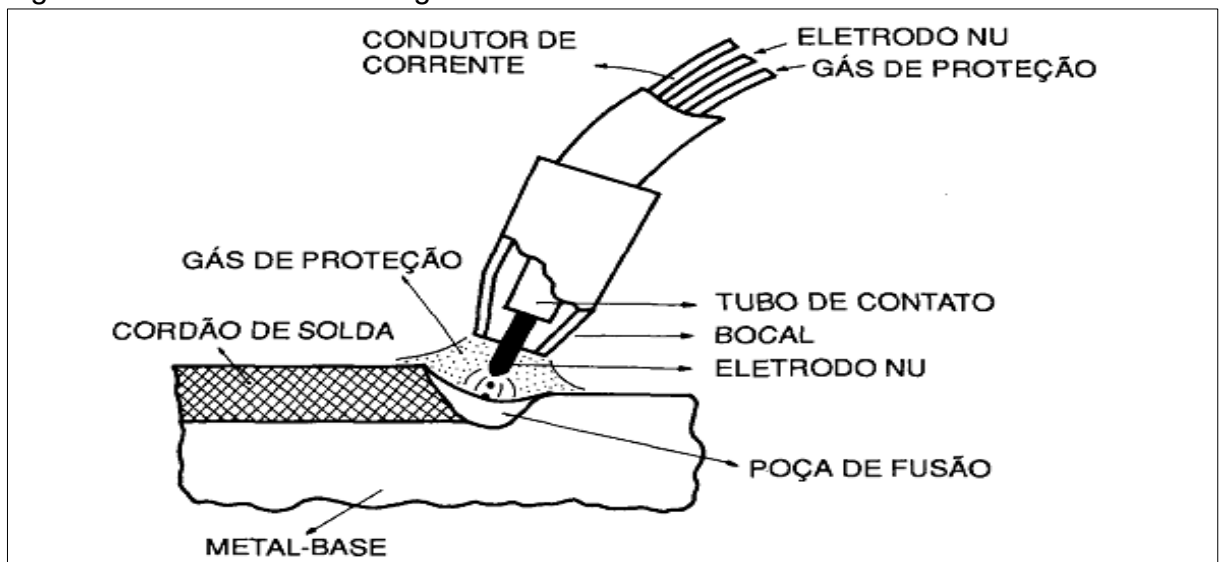
Atualmente existem diferentes processos de soldagens para utilização industrial, sendo o mais importante método para união permanente de metais, esta importância é ainda mais evidenciada pela presença de processos de soldagem e afins nas mais diferentes atividades industriais e pela influência que a necessidade de uma boa soldabilidade, tem no desenvolvimento de novas estruturas de aço e outras ligas metálicas.

2.2 PROCESSO MIG/MAG

Os primeiros trabalhos com estes processos foram feitos com gás ativo em peças de aço, no início de 1930, e durante a segunda guerra mundial esses dois

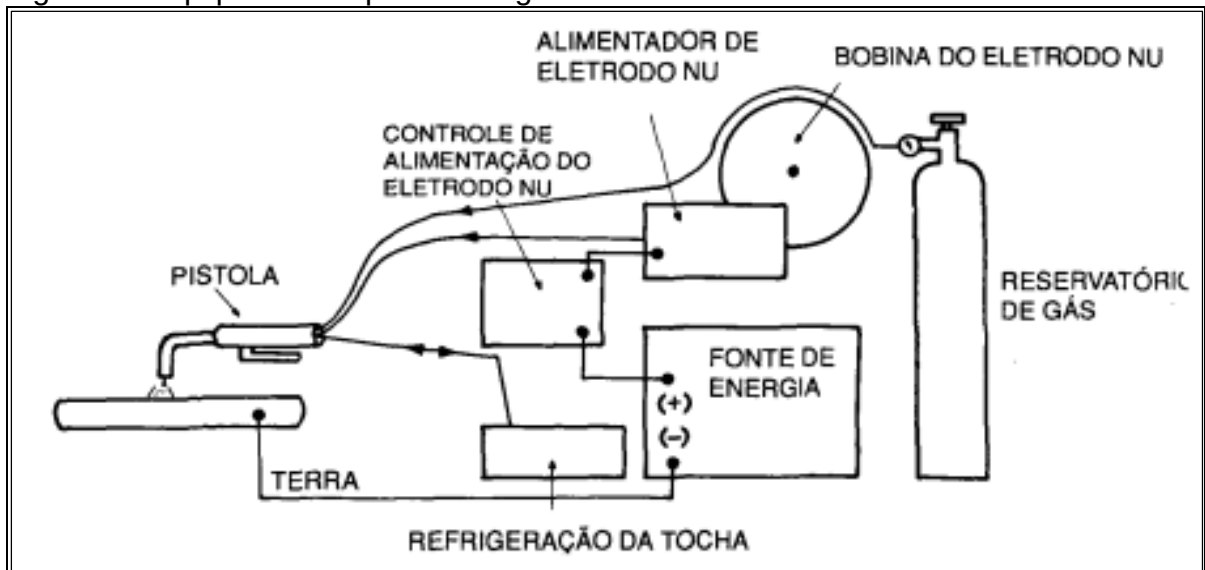
processos permaneceram com poucos avanços, e ao fim da guerra foi introduzido outros gases como o CO_2 parcialmente misturado e totalmente no processo de soldagem (WAINER, 1992). O Processo MIG/MAG pode ser utilizado no modo automático, semiautomático, e mecanizado (*Gás Metal Arc Welding* - GMAW) é um processo em que a união de peças metálicas é produzida pelo aquecimento desta com um arco elétrico estabelecido entre o arame e a peça a ser soldada. A proteção do arco e da região da solda contra a contaminação pela atmosfera é feita por gás ou por uma mistura deles, que podem ser inertes ao processo ou ativo. Conhecido com (*MIG Metal Inerte Gás*) quando inerte ao processo. Ou (*MAG Metal Active Gás*) quando o gás é ativo ou contém misturas ricas em gases ativos (WAINER, 1992). Devido à ação do gás de proteção o processo MIG é recomendado para soldagem de aços carbonos, aços de baixas, média e alta liga, aços inoxidáveis, alumínio e ligas de magnésio. Já o processo MAG é recomendado para soldagem de aços de baixo carbono e aços de baixa liga (ALMEIDA, 2004).

Figura 3 - Processo de soldagem MIG/MAG.



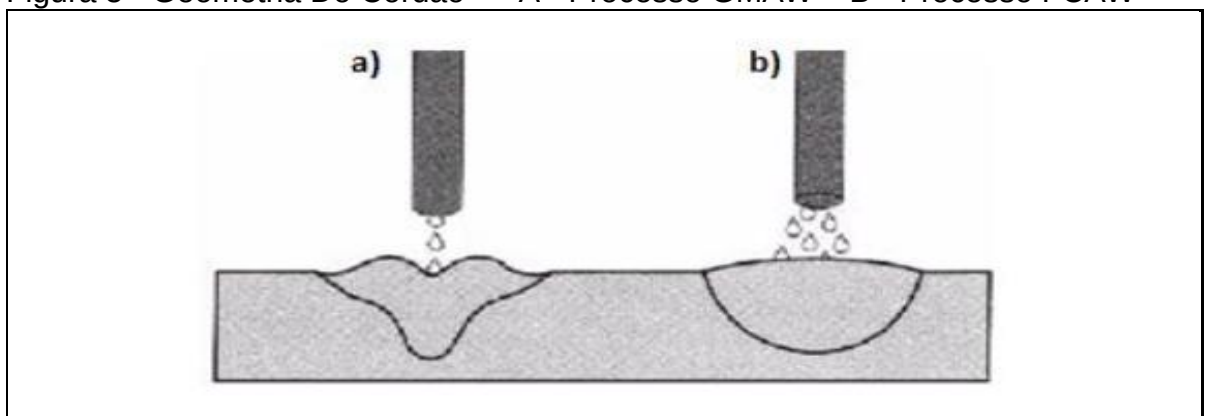
Fonte - Soldagem processos e metalurgia (Wainer, 1992).

Figura 4 - Equipamentos para soldagem MIG/MAG.



Fonte - Soldagem processos e metalurgia (Wainer, 1992).

Figura 5 - Geometria Do Cordão A - Processo GMAW B - Processo FCAW



Fonte - Processo de soldagem (Araújo, 2004).

2.3 PROCESSO FCAW

O processo de soldagem FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) faz a união dos metais através do arco elétrico entre o arame e a peça ser soldada, a proteção do arco, pode ser feita através do fluxo interno do arame, no caso auto protegido ou pode ser complementada por gás de proteção. Além de proteger o arco elétrico da contaminação pela atmosfera, o fluxo interno do arame atua como desoxidante através da escória formada acrescentando elementos de liga ao metal afim de estabilizar o arco e a escória protege a solda durante a solidificação (BRACARENSE, 2005). A soldagem com arame tubular possui pontos de semelhança em relação ao

processo GMAW. Em relação aos princípios de funcionamento e equipamentos. Mas através do processo FCAW consegue-se uma versatilidade no processo de solda, e nos ajustes. No processo sem proteção a gás, a diferença ocorre na tocha e no arame denominado auto protegido, este possui elementos de ligas que através do fluxo interno, se encarrega de propiciar a proteção da poça de fusão.

As principais características dos arames tubulares são:

- Produtividade relacionada a utilização de arame contínuos;
- Benefícios ao processo provenientes do fluxo interno do arame;
- Alta taxa de deposição;
- Velocidade mais alta de soldagem;
- Distorção e tensões residuais menores;
- Menos suscetíveis a trincas;
- O arame auto protegido é mais tolerante a variação do ambiente, soldagem ao ar livre;

Suas principais Limitações são;

- O arame tubular tem custo maior em relação ao GMAW;
- Possui escória, necessita de limpeza para realização de novos cordões;
- Limitados a soldagem de metais ferrosos e liga;
- Geram mais fumos, em relação ao processo GMAW;

2.3.1 Soldagem sem gás de proteção (FCAW-S)

O processo sem gás foi idealizado no Japão, e tem os mesmo princípios operacionais da soldagem com proteção gasosa (OKUMURA, 1982). Se trata de um processo muito popular, por não requerer modificações no equipamento, sendo de fácil de operação, e podendo ser usado em áreas abertas nessa forma a proteção se dá somente pela escória e gases gerados pela decomposição do arame na poça de fusão. Assim o arame é fundido pelo arco elétrico, gerando o gás protetor da região

do cordão, assim deslocando o ar para a região da escória, assim protegendo a poça de fusão do O_2 e do N_2 (MACHADO, 1996). Sendo esse processo chamado de Soldagem a arco com arame tubular auto protegido (*Self-shielded Flux Cored Arc Welding* - FCAW-S).

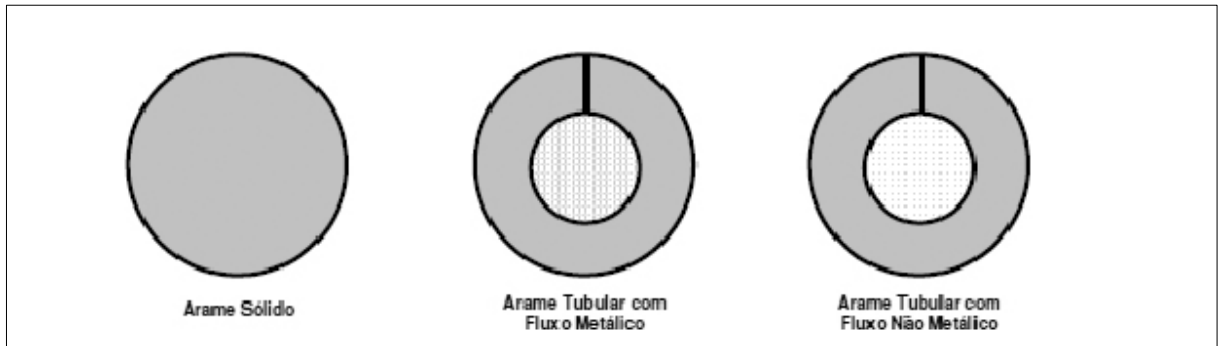
2.3.2 Soldagem com gás de proteção (FCAW-G)

Já nesta segunda forma existe uma restrição a soldagem a ar livre, desta forma a proteção do cordão de solda, se dá por um gás ou misturas deles, normalmente CO_2 ou mistura de AR. Adicionado por uma fonte externa ao equipamento que flui pelo bocal da tocha, sendo esse método conhecido como soldagem a arco com arame tubular a gás de proteção (*Gas Shielded Flux Cored Arc Welding* - FCAW-G). Para RODRIGUES (2005), é um processo mais apropriado para a produção de soldagem com grandes penetrações, mas com limitações no processo FCAW a soldagem de metais ferrosos e ligas a base níquel. A relação custo/peso do arame tubular é maior do que a do arame sólido, A utilização do processo FCAW possibilita a soldagem de grandes espessuras onde a geometria da junta, não permite aplicação de outros processos como o arco submerso (JOAQUIM, 2009).

2.4 CLASSIFICAÇÃO DE ARAMES E SUAS CARACTERÍSTICAS

Os arames tubulares até 2014 eram classificados pela (AWS) American Welding Society na norma AWS A5.20 / A5.20M, AWS A5.29 / A5.29M bem como AWS A5.18 / A5.18M e AWS A5.28 / A5.28M e a partir de 2015 houve uma nova especificação, a AWS A5.36 que agora atende e classifica todas as classes de consumíveis tubulares antes classificadas acima, atendendo assim os arames auto protegidos assim como aqueles que necessitam de proteção auxiliar. Os consumíveis para o processo MIG/MAG se apresenta com suas conformações que variam de acordo com o diâmetro. Conforme a imagem abaixo.

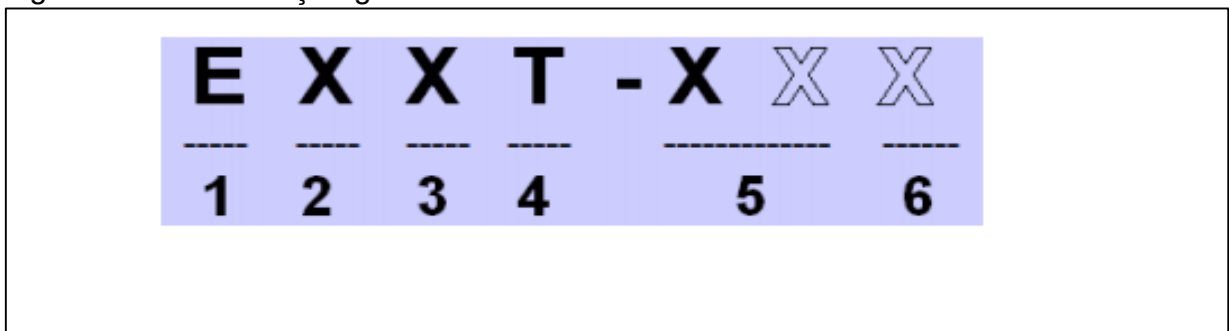
Figura 6 - Seção reta do arame sólido e dos arames tubulares com fluxo metálico e não metálico.



Fonte - Soldagem fundamentos e tecnologia (Bracarense, 2005).

A classificação dos arames tubulares utilizados nessa pesquisa tem as seguintes características segundo a norma AWS.

Figura 6 – Classificação genérica de um arame tubular.



Fonte – Consumíveis de soldagem (FBTS, 2017).

- 1 – A letra E designa um eletrodo;
- 2 – Este dígito indica o limite de resistência a tração do metal depositado;
- 3 – Indica a posição de soldagem;
- 4 – Indica que o consumível é tubular;
- 5 – Indica a característica de usabilidade com números entre 1 e 14 como polaridade entre outras;
- 6 – Indica o Gás com o arame foi homologado;

A classificação do arame tubular HOBART – XLR-8 também utilizado nessa possui as mesmas características citadas acima, havendo apenas a inversão da corrente assim utilizando corrente negativa CC – para a realização do processo.

2.4.1 Arames Sólidos

São arames contínuos e maciços, que podem apresentar uma fina camada de cobre, afim de evitar a oxidação e não apresenta escórias, sendo a poça de fusão totalmente dependente do gás de proteção ou misturas deles (RODRIGUES, 2005), o consumível utilizado no processo GMAW tem custo inferior ao tubular, apresentando uma taxa deposição relativamente alta.

2.4.2 Arames Tubulares

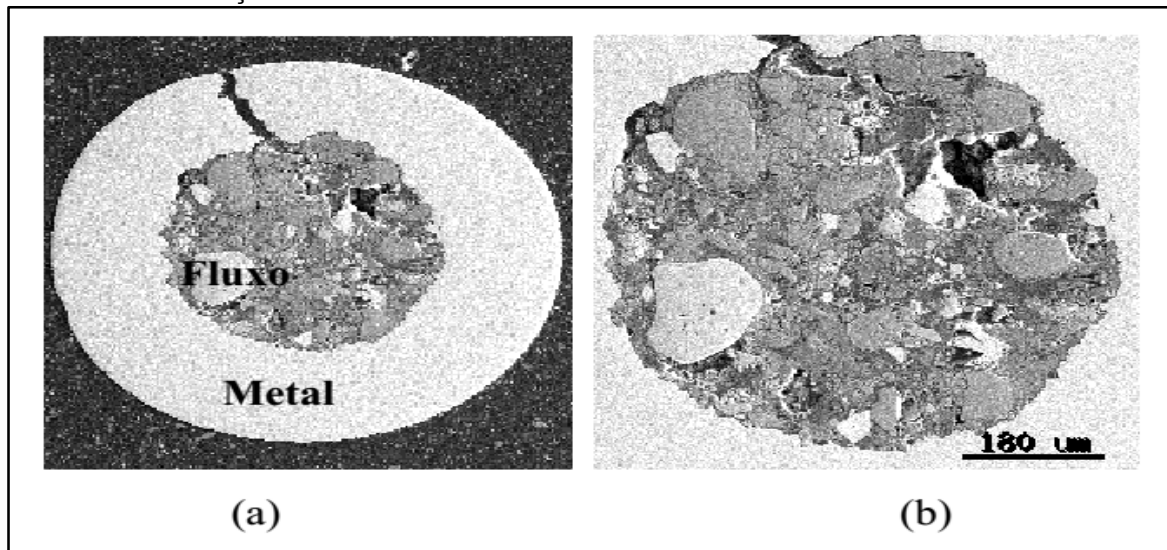
São arames contínuos que apresenta em seu interior fluxos de elementos de liga que permitem a soldagem dos mais diversos tipos de materiais, das classes de alta resistência e baixa liga a aços inoxidáveis. A grande diferença entre arame tubular e maciço está no seu interior. Apresentando o arame tubular um fluxo em forma de pó (MACHADO, 1996). Este pó são elementos de liga que tem funções desoxidantes e que propiciam uma maior estabilidade do arco. São classificados em 3 grupos.

Arame tubular tipo “*Metal Cored*” que possuem fluxo metálico internamente, com função de unir o metal de solda com os elementos de liga contidos no seu interior, aumentando a taxa de material depositado.

Arame tubular tipo “*Rutilicos*”, que contem em seu interior fluxos não metálicos que tem como função forma escória durante o processo e proteger o arco e o metal de solda. Arame do tipo *rutilicos*, possuem uma grande porcentagem de oxido de titânio, e silicatos. Propiciando durante o processo uma proteção gasosa adicional a poça de fusão.

Os arames tubulares auto protegido foram desenvolvidos com a finalidade de efetuar o processo de soldagem, sem o uso de gás de proteção os elementos de liga contidos são formadores de escórias, e protegem a poça de fusão da reoxidação e da contaminação atmosférica assim dependendo somente do fluxo interno para que ocorra a proteção do arco conforme a imagem abaixo.

Figura 7 - Seção transversal de um arame tubular, e seu fluxo interno com diferentes materiais de adição.



Fonte - Soldagem fundamentos e tecnologia (Bracarense, 2005).

2.5 VARIÁVEIS DO PROCESSO

Muitas variáveis podem afetar e influenciar o processo de soldagem, e o conhecimento dessas variáveis nos auxilia, a um melhor entendimento do processo e nas suas melhores utilizações no dia-a-dia, essas variáveis determinam particularidades do cordão de solda, e suas propriedades mecânicas em relação a defeitos, como trincas e poros essas variáveis podem ser controladas separadamente, mas ambas estão ligadas diretamente no desempenhos das outras.

2.5.1 Corrente de soldagem

A corrente de soldagem tem grandes efeitos no processo (Bracarense, 2000). Havendo relação direta com a taxa de deposição e a penetração do processo sendo diretamente proporcionais ao aumento da geometria do cordão de soldagem e no modo de transferência metálica que ocorre na poça de fusão, sua escolha depende do material utilizado e espessura das peças a serem unidas e do diâmetro do consumível.

2.5.2 Fonte de energia

O tipo de fonte geralmente utilizado é de potência, constante o que permite uma regulação para manter o comprimento do arco constante. Essa característica é importante, pois ocorre a alimentação contínua do arame. E a fonte deve fornecer a energia necessária para fundir o consumível. Mas três fatores podem alterar o valor dessa energia, a mudança da DBCP, a mudança na velocidade de alimentação. E a tensão de soldagem colocada na fonte (WAINER, 1982).

2.5.3 Tensão do arco elétrico

A tensão do arco e o seu comprimento estão diretamente relacionados e podem afetar a aparência, penetração e as propriedades do cordão de solda. Grandes comprimentos de arco causam muitos respingos e irregularidade na morfologia do cordão, enquanto que para tensões baixas (arco com comprimento menor) há uma diminuição na tensão superficial da poça de fusão, pois a área de contato entre o arco e o metal base é menor, então a poça receberá menos calor irradiado do arco, originando cordão convexo de pouca penetração com superfície estreita (BRACARENSE, 2005).

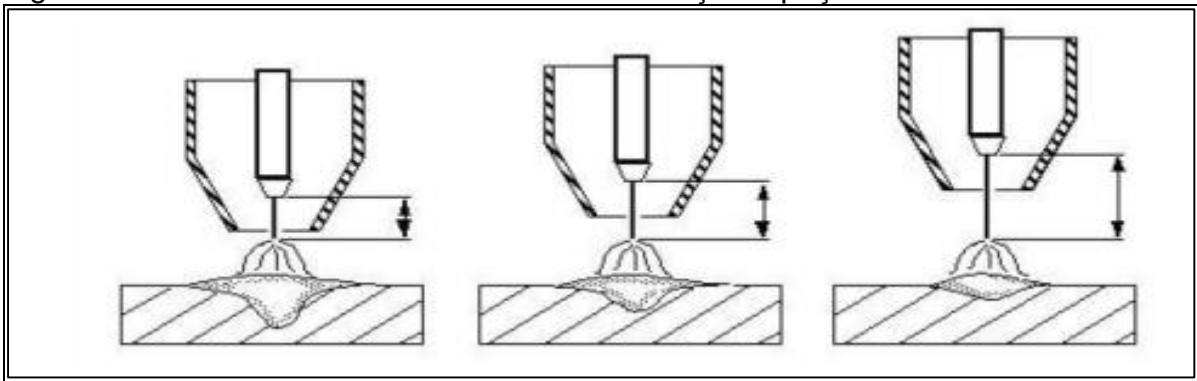
2.5.4 Velocidade de soldagem

A velocidade de soldagem está ligada diretamente a taxa de deposição, e também as características do cordão de solda, representando a taxa linear em que o arco se move, ao longo da junta soldada e sua aparência. Entre tanto velocidade altas diminui a penetração, ocorrendo mordeduras ao longo do cordão de solda (BRACARENSE, 2005).

2.5.5 Distância do bico de contato contra a peça (DBCP)

É a distância entre a extremidade do bico de contato e a peça, sendo essa distância também responsável pela penetração do cordão de solda, e pela taxa de deposição. Qualquer aumento dessa distância, diminui a corrente fornecida pela fonte e aumenta o campo de fusão, propiciando a contaminação da poça de fusão. Como procedimento, é recomendado a utilização, de extensão do eletrodo de 19 a 38 mm para eletrodos com proteção externa gasosa. E 19 a 35 mm para eletrodos auto protegidos dependendo da aplicação (BRACARENSE, 2005).

Figura 8 - Influencia da distância do bico em relação a peça.



Fonte - Soldagem E Processos De Metalurgia. (Wainer. 1982)

2.5.6 Tipo de gás

O gás é outro fator que influi no modo de transferência e na forma do arco. E do cordão essa proteção pode ser realizadas através de gases inertes como argônio, hélio ou suas misturas ou de gases ativos como CO_2 . A adição de misturas de gases inertes ao ativos visa melhorar a estabilidade do arco melhora o contorno do grão, diminui a ocorrência de respingo aumentando a penetração (RODRIGUES, 2005). A vantagem do CO_2 em relação aos inertes é seu baixo custo, além de propiciar uma velocidade de soldagem maior, e com taxas de penetração elevadas. De encontro a isso as desvantagens ocorrem no excesso de respingos, e na grande ocorrência de porosidade.

Tabela 1 - Seleção de gases para soldagem de aço carbono.

Metal	Gás De Proteção	Vantagens
Aço-carbono	Argônio+ (20 - 25%)CO ₂	Espessura Até 3,5 Mm; Velocidade De Soldagem Elevada; Diminui A Distorção E Respingo; Boa Penetração
	Argônio+50%CO ₂	Espessuras Maiores Que 3,5 Mm; Diminui Os Respingos; Solda Com Aparência Limpa; Bom Controle Da Poça De Fusão Na Posição Vertical E Sobre cabeça
	CO ₂	Grande Penetração; Velocidade De Soldagem Elevada; Baixo Custo

Fonte – Soldagem Processos e Metalurgia, (Wainer. 1992).

2.5.7 Tipos de transferência metálicas

Dentre as várias características fundamentais para o processo de soldagem, os modos de transferência do metal de adição, afetam as características de soldagem, em sua relação com a poça de fusão, e quantidade de respingos.

Esses modos de transferências dependem das variáveis operacionais, como corrente, tensão, e polaridade, diâmetro, e tipo de gás utilizado. Sendo elas classificadas em três tipos diferentes de transferência.

- Transferência globular;
- Transferência por spray;
- Transferência por curto-circuito;
- Arco pulsado;

a) Globular

São encontradas em tensões não muito baixas, e correntes moderadas, quando em conjunto com o gás CO₂ ocorre em correntes elevadas, nesse modo quando a gota é formada ela permanece no eletrodo, a partir do momento em que ela começa a se torna grande em relação ao diâmetro do arame. O seu peso aumenta e a gota tendera ao metal base, este tipo de transferência é limitado a posição plana de soldagem. Esta limitação somada a instabilidade e geração de respingos, faz com que esse tipo de transferência seja pouco usada no processo de soldagem (Quites, 2002).

b) Transferência por spray

Com o aumento da corrente de soldagem o diâmetro das gotas de metal que se transferem para a peça diminui, de modo a ocorrer a mudança de transferência de globular para spray, sendo essa faixa de transição, chamada de corrente de transição. As gotas do spray são menores, e são destacadas da ponta do arame mais rapidamente devido as forças magnéticas atuantes, devido a isso o cordão tem um bom acabamento não apresentando respingos, a soldagem na posição vertical e sobre cabeça se torna difícil devido aos elevados níveis de corrente, podendo ocorrer porosidades na poça de fusão (Quites, 2002).

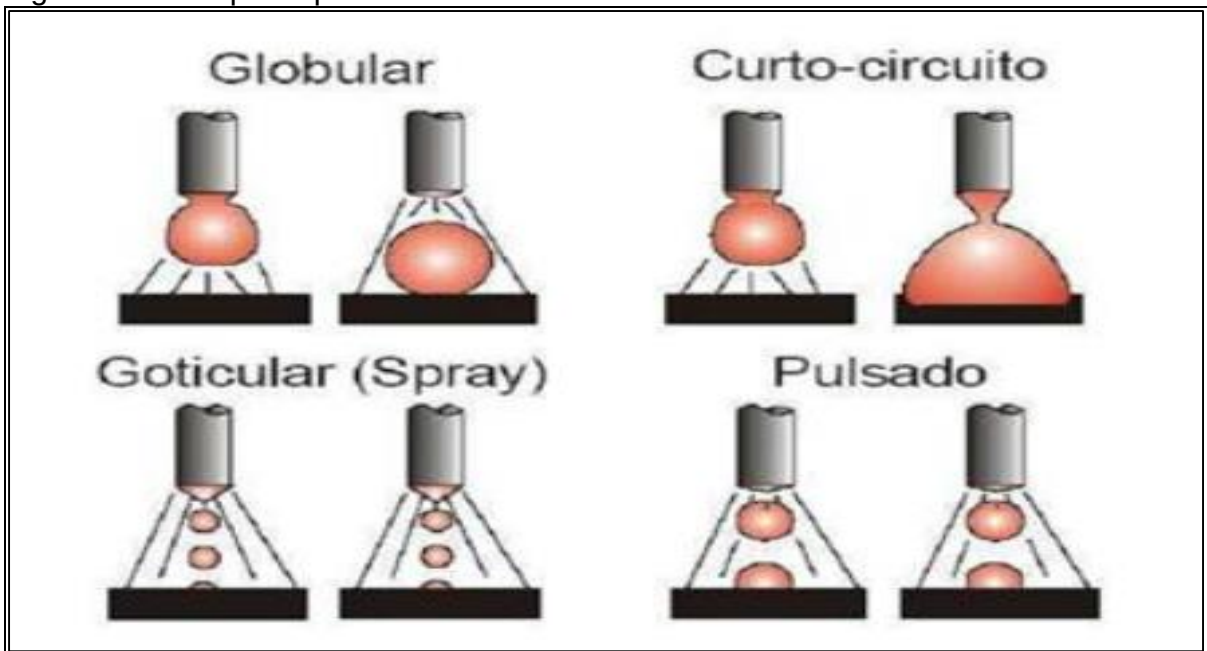
c) Transferência por curto-circuito

Nessa transferência o material é transferido para a poça de fusão somente, quando o arame entra em contato com a mesma. Não ocorrendo transferência de material por arco elétrico. Desta forma a transferência por curto circuito ocorrem em níveis de baixa corrente e tensão. Possibilitando a soldagem de pequenas espessuras, sendo possível aplicar esse modo de transferência em todas as posições (Quites, 2002).

d) Arco pulsado

Esse modo de transferência se dá através do controle da forma de onda da corrente de soldagem, utilizando a corrente pulsada, o pulsado une as vantagens da transferência por spray mas em níveis menores de corrente, no pulsado existem dois níveis de corrente uma acima da de transição que é corrente de pico. E outra abaixo da corrente de transição, que é a corrente base o destacamento da gota se dá na corrente de pico, sendo o diâmetro da gota é aproximadamente o mesmo do arame (Quites, 2002).

Figura 9 - Principais tipos de transferência metálicas.

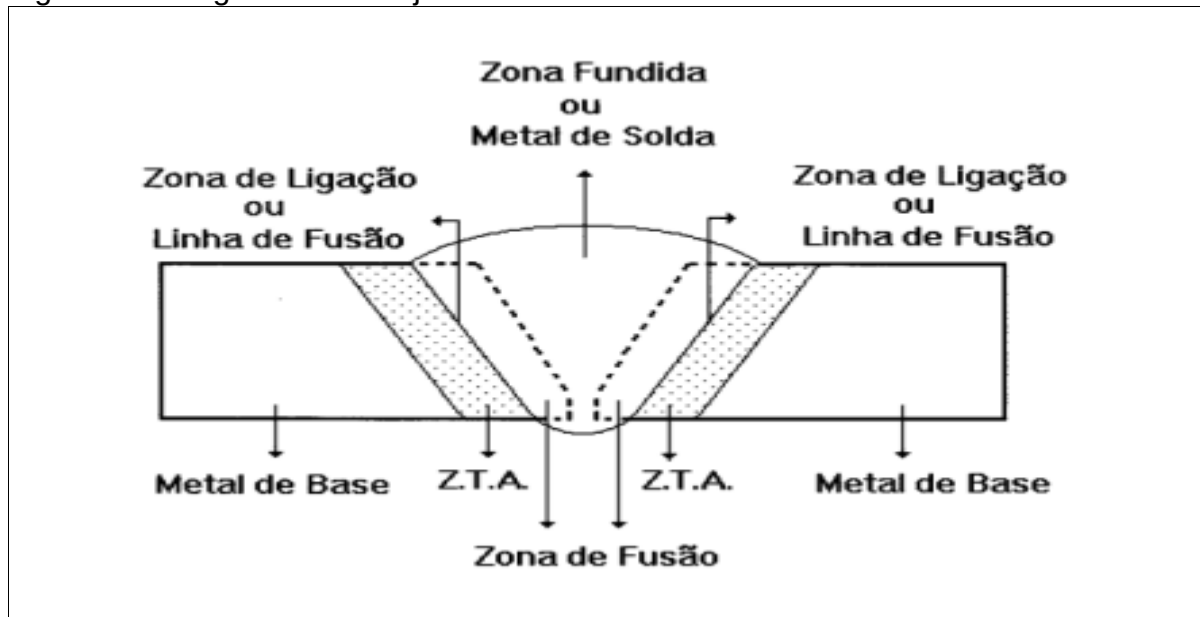


Fonte - Influência do tipo de transferência no processo MIG/MAG (Barra, 2003).

2.6 REGIÕES DE UMA JUNTA SOLDADA

Analisando as regiões de uma junta soldada o metal de base e a zona de ligação e o metal de adição, consegue estabelecer condições para as características micro estruturais. Estando a dureza não somente relacionada somente com a composição química do consumível. Mas com condições operacionais do processo de soldagem, que incluem a influência da temperatura entre passes, e no processo de resfriamento da região soldada uma das características dos aços carbono que quando aquecidos em temperaturas elevadas, eles são austenizados na região da solda, e durante o resfriamento os produtos da transformação da austenita depende da velocidade de resfriamento (WAINER, 1992).

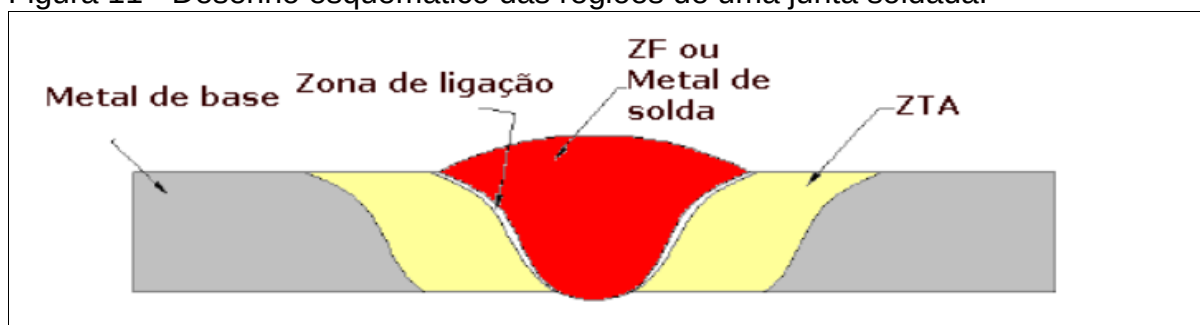
Figura 10 - Regiões de uma junta soldada.



Fonte - Soldagem Fundamentos E Tecnologia (Bracarense, 2005).

Esta característica permite definir uma região da poça de fusão, dentre as três regiões básicas, zona fundida (ZF), e metal de solda, a zona termicamente afetada (ZTA), e o metal de base, mas entre as zonas (ZTA) e (ZF) existe uma zona, chamada de zona de ligação (WAINER, 1992).

Figura 11 - Desenho esquemático das regiões de uma junta soldada.



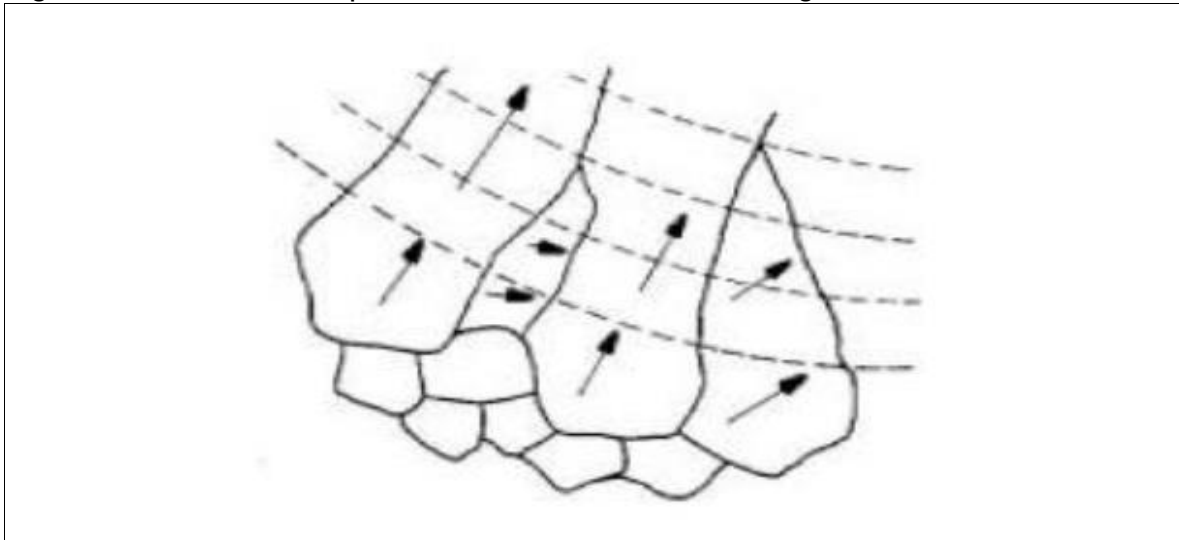
Fonte - Análise Da Microestrutura De Uma Junta (Campos, 2005).

2.6.1 Zona fundida

Região onde ocorreu a fusão do material de base e do metal de solda durante a soldagem, sendo as temperaturas de picos superiores a temperatura de fusão do metal de base, ocorrendo nessa região o crescimento dos grãos devido ao aporte

térmico fornecido, durante a solidificação, os grãos tendem a crescer em direção do gradiente de temperatura, ou seja na mesma direção do cordão, sendo essas regiões de crescimento chamadas de regiões de crescimento fácil. Para materiais de estruturas CFC e CCC, favorece o crescimento de grão, na direção fácil, impedindo o crescimentos de outros grãos que não estão orientados com essa direção (CAMPOS, 2005).

Figura 12 - Desenho esquemático dos crescimento dos grãos.



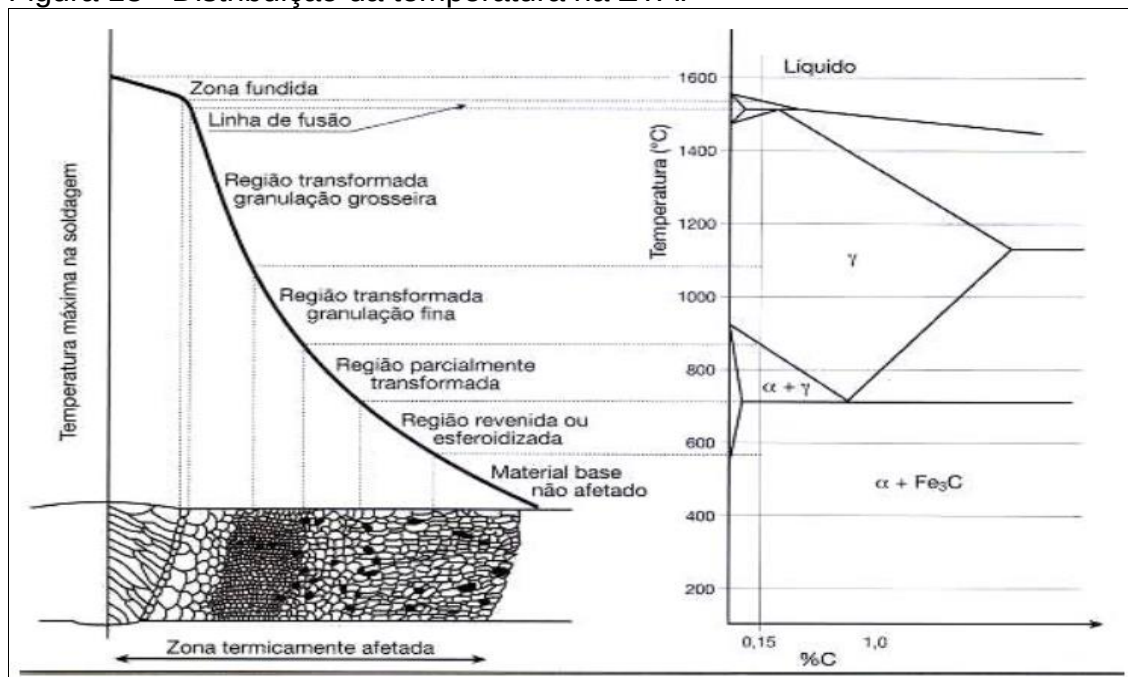
Fonte - Análise Da Microestrutura De Uma Junta (Campos, 2005).

2.6.2 Zona termicamente afetada

A zona termicamente afetada (ZTA), ou zona afetada pelo calor (ZAC), é a região não fundida do metal de base, mas que teve toda sua microestrutura ou propriedades alteradas pelo ciclo térmico do processo de soldagem. Essa região está localizada ao lado da zona fundida, sendo que as temperaturas sofridas nessa região são superiores às críticas, e inferiores à sua temperatura de fusão.

A região afetada por esse aporte térmico durante o resfriamento. Apresenta uma maior característica de temperabilidade apresentando também uma dureza elevada em relação ao metal base, e a zona fundida, ocorrendo às vezes de se efetuar um tratamento térmico da região a fim de evitar possíveis trincas nessa região.

Figura 13 - Distribuição da temperatura na ZTA.



Fonte – COLPAERT, 2008

Durante o resfriamento a austenita pode se decompor em perlita, bainita ou martensita, apresentando essa região propriedades mecânicas inferiores a do metal de base.

2.7 DUREZA

A microestrutura final da região soldada depende do teor de elementos de ligas de suas concentrações, composições, essas transformações dos metais durante o processo de soldagem e resfriamento ocorrem em condições fora do equilíbrio e com velocidades de resfriamentos bem altas nessas transformações o fenômeno de nucleação tem importante peso (WAINER,1992). A taxa de resfriamento e a composição de grãos grosseiros na microestrutura, podem promover regiões frágeis e com dureza elevada sendo apenas um dos fatores que podem alterar a dureza, o aumento da energia de soldagem fornecida ao processo também afeta a região soldada.

Na soldagem multipasse o passe seguinte causa uma redução na dureza do cordão de solda do passe anterior resultando um afinamento do grão melhorando sua

tenacidade e suas tensões residuais, favorecendo a formação de regiões com perfis dúcteis.

2.8 ENERGIA DA SOLDAGEM

Durante o processo de soldagem, a energia de soldagem ou aporte térmico, é definida pela equação abaixo. Sendo essa energia absorvida pela junta soldada segundo Quites (2002). Sendo essa energia por unidade de comprimento do cordão.

Equação 1 - Energia da soldagem.

$$E = \frac{N*60*U*I}{v} \quad \text{Eq. 1}$$

E = Energia de soldagem [J/cm]

N = Rendimento térmico do processo

U = Tensão do arco [V]

I = Corrente de soldagem [A]

v = Velocidade De Soldagem [cm/min]

O rendimento do processo de soldagem, tem seu rendimento diferenciado entre os processos, sendo $\eta = 0,80$ para o processo FCAW. E $\eta = 0,78$ para GMAW, (Quites, 2002).

3 MATERIAIS E METÓDOS

Nessa análise foram utilizados dois tipos de arames, que são aplicados no próprio empreendimento. Todos arames tubulares utilizados foram disponibilizados pela própria empresa, cada qual com suas características abaixo.

Tabela 2 - Características químicas dos arames.

Empresa	Modelo	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P(%)	S(%)
ESAB	Dual Shield 7100 LH	0,02	0,5	1,3	0,010	0,013
Hobart®	Fabshield® XLR-8	0,19	0,17	0,51	0,009	0,006

Fonte – Catalogo Data Sheet - ESAB / HOBART.

Os metais de adição utilizados nesta comparação, assim como suas especificações, composição química e propriedades mecânicas são apresentadas nos anexos. Sendo o consumível Hobart XLR-8, um consumível auto protegido, não necessitando de proteção externa através de gás.

Tabela 3 - Características físicas dos consumíveis

Empresa	Modelo	Diâmetro	Gás	L.R	L.E
ESAB	Dual Shield 7100 LH	1,2 mm	CO ₂	585 MPA	515 MPA
Hobart®	Fabshield® XLR-8	1,6 mm	-	580 MPA	470 MPA

Fonte – Catalogo Data Sheet - ESAB / HOBART.

O material utilizado para confecção dos corpos de prova foi o aço ASTM A-36, com as características dimensionais de 130x250x9,53mm. Trata-se de um aço estrutural naval de baixa liga e baixo carbono e de media resistência. Conforme a tabela abaixo é possível verificar a composição química do aço ASTM A-36.

Tabela 4 - Composição química para o aço ASTM A-36

C (%)	Si (%)	Mn (%)	Ni (%)	Mo (%)	P (%)	S (%)	Cu (%)
0,26	0,75	0,62	0,01	0,013	<0,027	<0,05	<0,3

Fonte – Catalogo Arcelormittal.

Tabela 5 - Propriedades mecânicas do aço ASTM A-36.

Limite De Escoamento	Limite De Ruptura
250 MPA	400 A 500 MPA

Fonte – Catalogo Arcelormittal.

3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROCESSO

O processo de soldagem foi realizado na própria empresa, localizada em Capanema – PR. Utilizando os equipamento abaixo, seguido dos consumíveis utilizados no processo.

- Fonte de Energia - Foi utilizado uma fonte multiprocessos da marca MILLER modelo XMT-350 CC/CV auto line, com resfriamento a ar, própria para os seguintes processos MIG-MAG-TIG-FCAW. Mais informações estão localizadas em anexo.
- Cabeçote Alimentador - Foi utilizado um cabeçote alimentador da marca MILLER modelo 12-VS, com resfriamento a ar, e velocidade de arame de 1,6 a 19,8 metros/minuto.
- Sistema de deslocamento - Foi também utilizado um sistema de deslocamento automatizado, da tocha de soldagem e corte e mecanizado, que permite controlar a velocidade de avanço de soldagem permitindo assim o controle dessa variável durante os experimentos, conforme anexo.

3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para a realização do experimento de soldagem sobre as chapas visando a alteração de parâmetros e analisando as taxas de deposição, foram utilizadas dezesseis chapa laminadas de aço ASTM A-36 com espessura de 9,53 mm, sendo cortadas nas dimensões de 130x150mm. Para a realização da soldagem em chanfros foram utilizadas trinta e duas chapas laminadas de aço ASTM A-36 nas dimensões de

150x200x19,5mm. Para início do experimento foram realizadas as identificação das amostras, assim como a pesagem das mesmas.

3.3 PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM

Para realização do processo de soldagem nas amostras foram fixados parâmetros recomendados para o processo FCAW, parâmetros estes recomendado pelo fabricante dos consumíveis, as variações dos parâmetros cedidos podem ser visto abaixo

Tabela 6 - Parâmetros ESAB E-71-T.

Diâmetro	Tensão	Corrente	Taxa de Deposição
1.2 mm	25,5 V a 30,5 V	192 A - 300 A	2.5 kg/h a 4,4 kg/h

Fonte - Catálogo ESAB E71-T.

Tabela 7 - Parâmetros HOBART XLR-8.

Diâmetro	Tensão	Corrente	Taxa de Deposição
1.6 mm	19 V a 30 V	150 A - 300 A	1.54 kg/h – 3,86 kg/h

Fonte - Catálogo Hobart XLR-8.

Os parâmetros analisados em questão foram a DBCP, que corresponde a distância do bico de contato contra a peça, a tensão a corrente e a velocidade de soldagem outras variáveis como vazão do gás 15 l/min, e velocidade de alimentação 10 m/min foram mantidas fixas, assim como a angulação da tocha em 70°. Com base nos parâmetros acima foi elaborado padrões de parâmetros que seriam utilizados no experimento sendo esses os que mais apresentam influência na taxa de deposição.

Tabela 8 - Valores variáveis dos parâmetros para o consumível ESAB E71-T.

ESAB E-71-T					
Tipo De Arame	PARÂMETRO	DBCP	Velocidade De soldagem	Tensão	Corrente
ESAB E71-T	1	15 mm	50 cm/min	28	250
ESAB E71-T	2	15 mm	50 cm/min	30	300
ESAB E71-T	3	15 mm	60 cm/min	28	250
ESAB E71-T	4	15 mm	60 cm/min	30	300
Alteração Dos Parâmetros					
ESAB E71-T	5	20 mm	50 cm/min	28	250
ESAB E71-T	6	20 mm	50 cm/min	30	300
ESAB E71-T	7	20 mm	60 cm/min	28	250
ESAB E71-T	8	20 mm	60 cm/min	30	300

Fonte – Autor (2017).

Tabela 9 - Valores variáveis dos parâmetros para o consumível HOBART XLR-8.

HOBART XLR-8					
Tipo De Arame	PARÂMETRO	DBCP	Velocidade De soldagem	Tensão	Corrente
HOBART XLR-8	9	15 mm	50 cm/min	28	250
HOBART XLR-8	10	15 mm	50 cm/min	30	300
HOBART XLR-8	11	15 mm	60 cm/min	28	250
HOBART XLR-8	12	15 mm	60 cm/min	30	300
Alteração Dos Parâmetros					
HOBART XLR-8	13	20 mm	50 cm/min	28	250
HOBART XLR-8	14	20 mm	50 cm/min	30	300
HOBART XLR-8	15	20 mm	60 cm/min	28	250
HOBART XLR-8	16	20 mm	60 cm/min	30	300

Fonte – Autor (2017).

3.3.1 Solda sobre as chapas

Todo o processo de soldagem foi realizado na posição plana utilizando os materiais equipamentos citados acima, para a realização dos cordões de solda sobre a chapa foram utilizadas dezesseis chapas nas dimensões de 130x150x9,53mm, sendo realizado alterações dos parâmetros durante o experimento, necessitando assim realizar a pesagem e marcação das amostras antes e após o processo de soldagem.

3.3.2 Solda sobre juntas chanfradas

Para a realização da soldagem em juntas os parâmetros utilizados foram os mesmo atribuídos na realização dos cordões sobre as chapas, utilizando agora o processo de soldagem manual, utilizando apenas um soldador para efetuar o processo de soldagem nas peças chanfradas, sendo também realizados a soldagem na posição plana, para a realização do chanfro foi necessário utilizar uma fresadora para a realização do chanfro em “V” adotando um ângulo de bisel (β) de 35° graus e face de raiz com 2mm. Conforme figura abaixo.

Figura 14 - Corpos de provas com chanfro antes do processo de soldagem.



Fonte – Autor (2017).

3.4 PROCESSO DE SOLDAGEM

A soldagem sobre os corpos de prova iniciou-se pelo consumível da marca ESAB E71-T1, com diâmetro de 1,2mm utilizando os parâmetros da Tabela 8, e vazão de gás fixa em 15 litros/min. Os cordões de solda foram realizados na posição plana de topo na direção longitudinal das amostras.

Após o término dos cordões de solda sobre as chapas e alternância dos parâmetros, foi dado início os teste com o arame da marca HORBART XLR-8, também sobre as oitos chapas restantes utilizando os parâmetros Tabela 9, sem a utilização de proteção externa por ser um consumível auto protegido

Após a realização dos cordões sobre corpos de prova, foi realizado a pesagem das amostras. Concluído essa etapa foi dado início a soldagem sobre as amostras

chanfradas utilizando também os conjunto de parâmetros da Tab-8 e Tab-9 sendo realizado o processo na posição plana, iniciando-se pelo consumível da empresa ESAB e posteriormente da empresa HOBART, utilizando também em ambos os parâmetros fixos de vazão de gás 15 litros/min e velocidade de alimentação em 10 m/min, para a realização do processo de soldagem na região chanfrada foram necessários dar multipasses de cordões na região, iniciando se pelo passe de raiz e posteriormente terminando com o passe de acabamento. Após o término dos processos de soldagem, foi realizado a pesagem dos corpos de prova que foram submetidos aos processos, após a pesagem as chapas chanfradas sofreram um corte transversal na região soldada em seguida houve o esmerilamento seguido de lixamento e polimento das superfícies das amostras para realização dos ensaios mecânicos.

Figura 15 - Corpos de provas após processo de soldagem e polimento.



Fonte – Autor (2017).

3.5 TAXA DE DEPOSIÇÃO

Para encontrar a taxa deposição dos consumíveis juntamente com os parâmetros utilizados, nas amostras foi realizado a pesagem das mesma antes e após o processo de soldagem, sendo essa pesagem realizado em uma balança eletrônica

de precisão, da marca Marte modelo AS5500C com capacidade de 5 kg possuindo certificação de calibração.

A taxa de deposição usualmente é expressa em kg/h e é calculada pela equação abaixo, que representa a massa das amostras anteriormente ao processo e posteriormente ao processo (Bracarense, 2005).

Equação 2 - Taxa de deposição.

$$TD = \frac{Mf - Mi}{Ts} \quad (\text{kg/h}) \quad \text{Eq. 2}$$

Em que

TD = Taxa De Deposição (kg/h).

Mf = Massa Final Da Amostra (kg).

Mi = Massa Inicial Da Amostra (kg).

Ts = Tempo De Soldagem (h).

O tempo de soldagem é calculado a partir da Equação 2 em função do espaço percorrido pelo arco, dividido pela velocidade de soldagem sendo o espaço percorrido o comprimento longitudinal da amostra (150 ± 2) mm.

Equação 3 - Tempo de soldagem.

$$Ts = \frac{L}{60 * v} \quad (\text{h}) \quad \text{Eq.3}$$

Ts = Tempo De Soldagem (h).

v = Velocidade De Soldagem (cm/min).

L = Leitura do comprimento do corpo de prova (cm).

3.6 ENSAIOS DE DUREZA

A Realização dos ensaios de dureza foi realizado no laboratório da própria instituição, sendo utilizado o equipamento da marca MITUTOYO HR-300, obedecendo a norma NBR 6508-1 em relação a temperatura ambiente, sendo a leitura efetuada na escala Rockwell para apresentação da dureza, a escala utilizada foi a B, para início dos teste foi demarcada as regiões onde seriam efetuadas as leituras, sendo as regiões apresentadas abaixo conforme a tabela.

Tabela 10 - Regiões de leituras nos corpos de prova.

Ponto	Regiões
A	Metal De Base (MB)
B	Zona Termicamente Afetada (ZTA)
C	Metal De Adição (ZF)

Fonte – Autor (2017).

A tabela abaixo demonstra as regiões dos corpos de prova que foram realizados as leituras, sendo dezesseis corpos de provas no total, realizando três leituras em cada ponto, totalizando cento e quarenta e quatro pontos assim realizando a média para cada ponto.

Tabela 11 - Numeração dos corpos de provas e seus parâmetros.

Corpo de prova	Arame utilizado	Parâmetro
1	ESAB E71-T	1
2	ESAB E71-T	2
3	ESAB E71-T	3
4	ESAB E71-T	4
5	ESAB E71-T	5
6	ESAB E71-T	6
7	ESAB E71-T	7
8	ESAB E71-T	8
1AA	HOBART XLR-8	9
2AA	HOBART XLR-8	10
3AA	HOBART XLR-8	11
4AA	HOBART XLR-8	12
5AA	HOBART XLR-8	13
6AA	HOBART XLR-8	14
7AA	HOBART XLR-8	15
8AA	HOBART XLR-8	16

Fonte – Autor (2017).

Figura 16 - Corpos de prova ESAB E71-T1 pronto para teste de dureza.



Fonte – Autor(2017).

3.7 ENSAIO DE TRAÇÃO

Os ensaio de tração nos corpos de provas foram realizados utilizando o laboratório da instituição e o equipamento utilizado para realizar os procedimentos foi a máquina universal de ensaios de tração da empresa Contenco modelo I-3058 com capacidade máxima de carga de 100.000 kgf de acordo com a norma NBR – 6152.

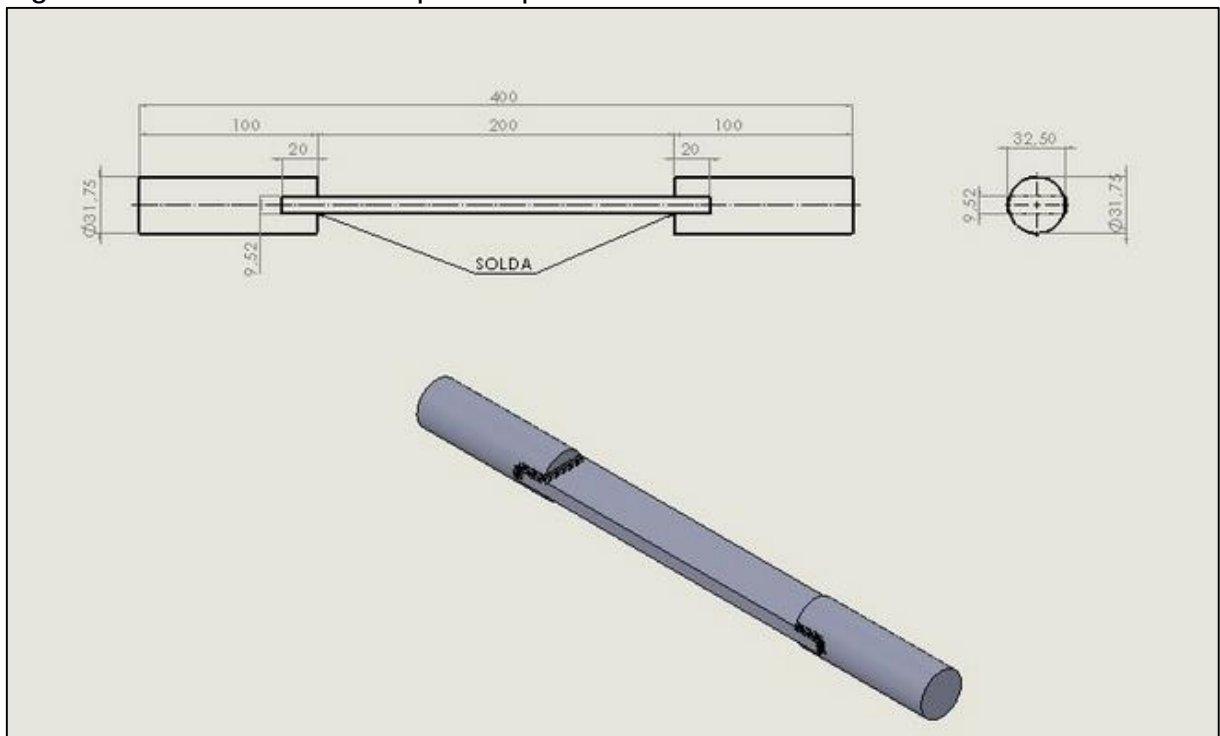
Os ensaios foram realizado no eixo longitudinal do corpo de prova, perpendicular à região soldada, sendo os corpos de provas soldados com os parâmetros que apresentaram maior taxa de deposição dentre as alterações de parâmetros com os consumível da marca ESAB e da marca HOBART, após a definição dos parâmetros mais produtivos, foi iniciado o processo de soldagem dos corpos de prova que foram submetidos aos ensaios. Para a realização dos ensaios foram utilizados três corpos de prova, sendo dois submetidos ao processo de soldagem e o terceiro foi utilizado para averiguar a resistência sem o processo de soldagem. O material utilizado para confeccionar os corpos de prova foi uma barra chata ASTM A-36 de dimensões 31,75 mm de largura e 9,52 mm de espessura (3/8" x 1.1/4"). Sendo realizado uma soldagem de uma barra redonda de 1.1/4" nas extremidades dos corpos de prova para melhor fixação nas garras do equipamento de tração. Conforme a figura abaixo.

Tabela 12 - Dados dos corpos de prova.

Corpo de prova	Parâmetro de soldagem	Comprimento inicial
1 - ESAB	2	200mm
2AA- HOBART	10	200mm
3 - Sem solda	-	300mm

Fonte – Autor(2017).

Figura 17 - Detalhes dos corpos de prova.



Fonte – Autor (2017).

Figura 18 - corpo de prova para ensaios de tração.



Fonte – Autor (2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos durante os ensaios realizados no Capítulo 3. Assim como as análises das influências dos parâmetros de soldagem.

4.1 MORFOLOGIA DO CORDÃO DE SOLDA

Na realização dos cordões de solda sobre as chapas foi verificado que durante as alternâncias de parâmetros havia uma variação da largura dos cordões e altura dos mesmos, sendo realizado a verificação dessas variações, a fim de observa qual das variáveis afetava diretamente a geometria do cordão. Sendo constatado que com o aumento da tensão e corrente havia-se também um aumento da largura do cordão quando em velocidade mais baixas, quando se efetuava o aumento da velocidade constatava também uma redução na largura do cordão e uma redução em sua altura, sendo verificado para ambos os consumíveis testados, as alturas foram verificadas com o auxílio de um relógio comparador, sendo efetuadas as leituras em quatro pontos espaçados no eixo longitudinal do corpo de prova.

Figura 19 - Leitura da altura do cordão de solda.



Fonte – Autor (2017).

Tabela 13 - Morfologia dos cordões de solda parâmetros ESAB.

Parâmetros ESAB E71-T1						
Parâmetro	Velocidade (cm/min)	DBCP (mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	Largura (mm)	Altura (mm)
1	50	15	28	250	9,65	2,32
2	50	15	30	300	9,79	2,48
3	60	15	28	250	7,64	2,07
4	60	15	30	300	7,66	2,46
Alteração Dos Parâmetros						
5	50	20	28	250	8,99	2,20
6	50	20	30	300	9,49	2,37
7	60	20	28	250	7,60	2,06
8	60	20	30	300	7,64	2,24

Fonte – Autor (2017).

Tabela 14 - Morfologia dos cordões de solda parâmetros HOBART.

Parâmetros HOBART XLR-8						
Parâmetro	Velocidade (cm/min)	DBCP (mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	Largura (mm)	Altura (mm)
9	50	15	28	250	12,09	2,60
10	50	15	30	300	13,26	2,67
11	60	15	28	250	10,80	2,18
12	60	15	30	300	11,41	2,58
Alteração Dos Parâmetros						
13	50	20	28	250	11,79	2,39
14	50	20	30	300	12,70	2,59
15	60	20	28	250	10,73	2,02
16	60	20	30	300	10,78	2,16

Fonte – Autor (2017).

Com o aumento da DBCP, tem se uma aumento da altura do cordão, mas ao mesmo tempo o número de respingos gerados pelo arame tubular HOBART tem um aumento significativo, e apenas se reduz com a redução da tensão e corrente, e também com a redução da DBCP, a velocidade de soldagem não influi na questão de respingos. Conforme já era previsto por (WAINER, 1992), o aumento da tensão e corrente resulta em uma maior largura do cordão.

4.2 EFEITO DA TENSÃO E CORRENTE

O aumento da tensão juntamente com a corrente, no consumível sem proteção externa, resultava em aumento na geração de respingos, como já citado acima, com a alteração dos parâmetros, e a redução da tensão e corrente foi verificado uma redução no número de respingos, sendo o parâmetro nove onde houve a maior redução de respingos, de encontro a isso houve um aumento na geração de escória formada sobre o cordão, além desse aumento foi verificado que essa escória não se desprendia facilmente do cordão, contrário a essa situação o consumível E71-T1, se mostrava com um cordão mais homogêneo, além de gerar praticamente nada de respingos, em relação a escória gerada a mesma se desprendia inteiriça sobre o cordão, conforme pode ser observado na imagem abaixo.

Figura 20 - Cordão de solda parâmetro seis ESAB.



Fonte – Autor (2017).

Figura 21 - Cordão de solda parâmetro treze HORBAT.



Fonte – Autor (2017).

4.3 EFEITO DA DBCP E VELOCIDADE DE SOLDAGEM

Como foi visto nas Tabela 14 e Tabela 15, a velocidade de soldagem influi diretamente na geometria do cordão de solda, além de reduzir sua largura influencia diretamente na sua taxa de deposição, a velocidade de soldagem praticamente independe da tensão de soldagem, mas é proporcional a intensidade da corrente de maneira que uma velocidade alta de soldagem implica em um aumento da corrente (OKUMURA, 1982). Com o aumento da velocidade mantendo se constante os valores de tensão e corrente, ocorre a diminuição, da taxa de deposição, verificando por outro lado que a penetração da solda aumenta até um determinado valor ótimo de velocidade de soldagem, a partir do qual começa a decrescer, com o aumento da velocidade de soldagem também haverá um decréscimo no insumo de calor na poça de fusão, gerando um resfriamento mais avançado da zona fundida, resultando em efeitos prejudiciais, principalmente na zona termicamente afetada (OKUMURA, 1982).

No entanto com a DBCP mais próxima consegue se fundir mais material, o que resulta em arco mais uniforme para o processo, além de realizar um aumento significativo na taxa de deposição, como dito acima com a redução da DBCP, houve a redução do número de respingo, conforme se aumenta a distância do stick-out a uma redução de energia no arco, resultando em uma má de fusão do consumível (WAINER, 1992).

Figura 22 - Efeito da DBCP no processo para XLR-8 (DBCP-20 mm).



Fonte – Autor (2017).

Figura 23 - Efeito da DBCP no processo para XLR-8 (DBCP-15 mm).



Fonte – Autor (2017).

4.4 EFEITOS DOS PARÂMETROS SOBRE A TAXA DE DEPOSIÇÃO

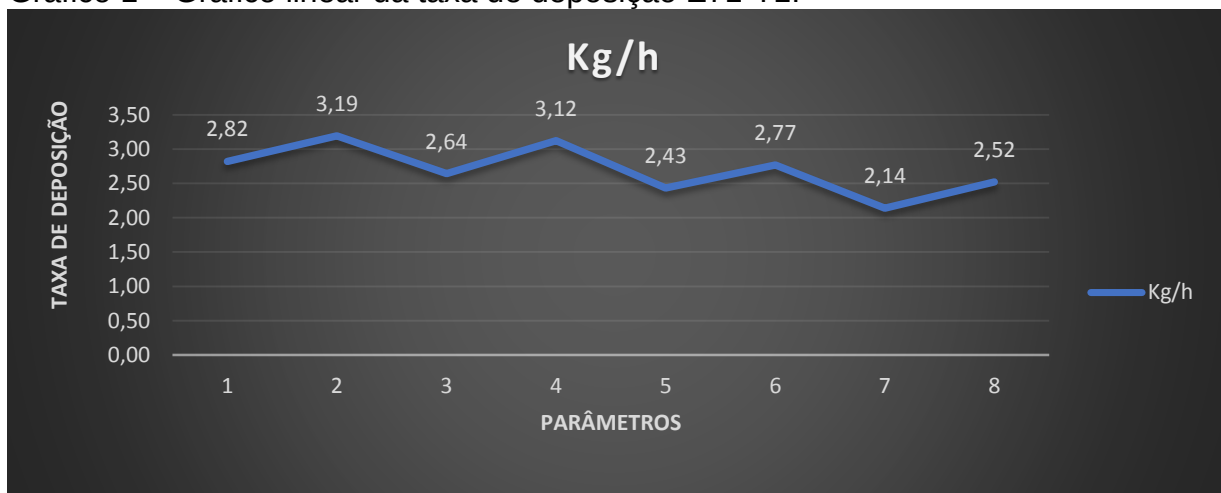
Com as alterações dos parâmetros, foi verificado que em determinados conjuntos de parâmetros havia se uma maior taxa de deposição, mas quando utilizando as velocidades de soldagem maiores e o aumento da DBCP havia se uma redução na taxa de deposição. Conforme a tabela abaixo.

Tabela 15 - Taxa de deposição para consumível E71-T1.

ESAB E71-T1					
PARÂMETRO	VELOCIDADE (cm/min)	DBCP (mm)	TENSÃO (V)	CORRENTE (A)	kg/h
1	50	15	28	250	2,82
2	50	15	30	300	3,19
3	60	15	28	250	2,64
4	60	15	30	300	3,12
Alteração Dos Parâmetros					
5	50	20	28	250	2,43
6	50	20	30	300	2,77
7	60	20	28	250	2,14
8	60	20	30	300	2,52

Fonte – Autor (2017).

Gráfico 1 – Gráfico linear da taxa de deposição E71-T1.



Fonte – Autor (2017).

Como pode ser observado a uma redução na taxa de deposição conforme há um aumento da velocidade, juntamente com o aumento da DBCP, analisando os parâmetros um e três em que se mantem a DBCP fixa em 15 mm, ocorre uma redução de cerca de 6,34% na taxa de deposição simplesmente pelo aumento da velocidade, e comparando o parâmetro um e cinco mantendo a velocidade fixa em 50 cm/min, mas alterando a DBCP de 15mm para 20mm, ocorre também uma redução de cerca de 13,83%, e contrapartida mantendo se fixa a velocidade de soldagem e DBCP e alterando os parâmetros de tensão e corrente, consegue se um aumento de 13,12% analisando os parâmetros um e dois. Concluindo assim que aumentando se a velocidade e DBCP, ocorre a influência direta na taxa de deposição, e com velocidade

mais baixas ocorre maiores taxas de deposições quando em conjunto com DBCP e aumento da tensão e corrente para o consumível E71-T1 determinando assim, o melhor parâmetro de soldagem com ênfase nas taxa de deposição sendo o parâmetro dois o que apresentou maiores taxas, seguido do parâmetro quatro, que com uma velocidade maior juntamente com a tensão e corrente se aproximou dos valores obtidos no parâmetro dois, e ficou entre os parâmetros cedidos pelo empresa conforme Anexo.

Tabela 16 - Parâmetros recomendados ESAB.

Diâmetro	Tensão	Corrente	Taxa de Deposição
1.2 mm	25,5 V a 30,5 V	192 A - 300 A	2.5 kg/h a 4,4 kg/h

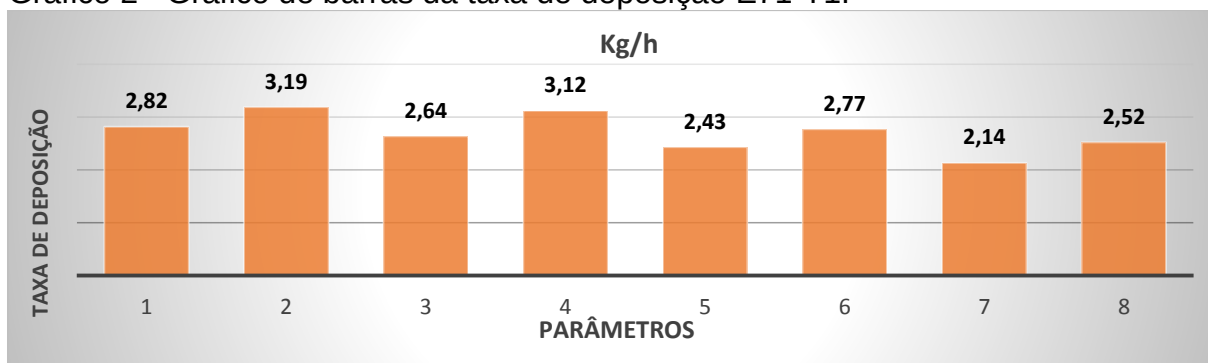
Fonte - Catálogo ESAB E71-T1.

Tabela 17 – Parâmetros com maiores taxa de deposição ESAB E71-T1.

ESAB E71-T1					
PARÂMETRO	VELOCIDADE (cm/min)	DBCP (mm)	TENSAO (V)	CORRENTE (A)	kg/h
2	50	15	30	300	3,19

Fonte – Autor (2017).

Gráfico 2 - Gráfico de barras da taxa de deposição E71-T1.



Fonte – Autor (2017).

Com o consumível o XLR-8, a taxa de deposição, foi maior devido o mesmo ser de diâmetro 1,6 mm em relação ao E71-T1 de 1,2 mm, apesar dessas características, foi possível analisar a influencias dos parâmetros no mesmo. O consumível XLR-8, por ser um consumível sem proteção externa possuindo proteção apenas por meio de fluxo, apresentou características similares durante a alternância dos parâmetros, apresentando um aumento da taxa de deposição, durante o aumento

da tensão juntamente com a corrente, e diminuição quando se aumentava a velocidade de soldagem e DBCP.

A análise dos parâmetros nove e onze onde se tem a variação da velocidade, nota-se uma redução de cerca de 7% na taxa de deposição, relativa ao aumento da velocidade, em contrapartida aumentando-se a tensão e corrente e analisando os parâmetros nove e dez onde se mantém fixa a velocidade ocorre um aumento na taxa de deposição de cerca de 5,20%. Ocorrendo a alteração da DBCP e analisando a influência da mesma nos parâmetros nove e treze, nota-se uma redução de 10,4% na taxa de deposição. Com essas características foi possível determinar o melhor parâmetro dentre os analisados, que apresentava maiores taxas de deposições sendo o parâmetro dez o que mais apresentou taxa de deposição, conforme a tabela abaixo.

Tabela 18 - Parâmetros recomendados HOBART.

Diâmetro	Tensão	Corrente	Taxa de Deposição
1.6 mm	19 V a 30 V	150 A - 300 A	1.54 kg/h – 3,86 kg/h

Fonte – Autor (2017).

Tabela 19 - Parâmetros com maiores taxa de deposição HOBART XLR-8.

HOBART XLR-8					
PARÂMETRO	VELOCIDADE (cm/min)	DBCP (mm)	TENSÃO (V)	CORRENTE (A)	kg/h
10	50	15	30	300	3,44

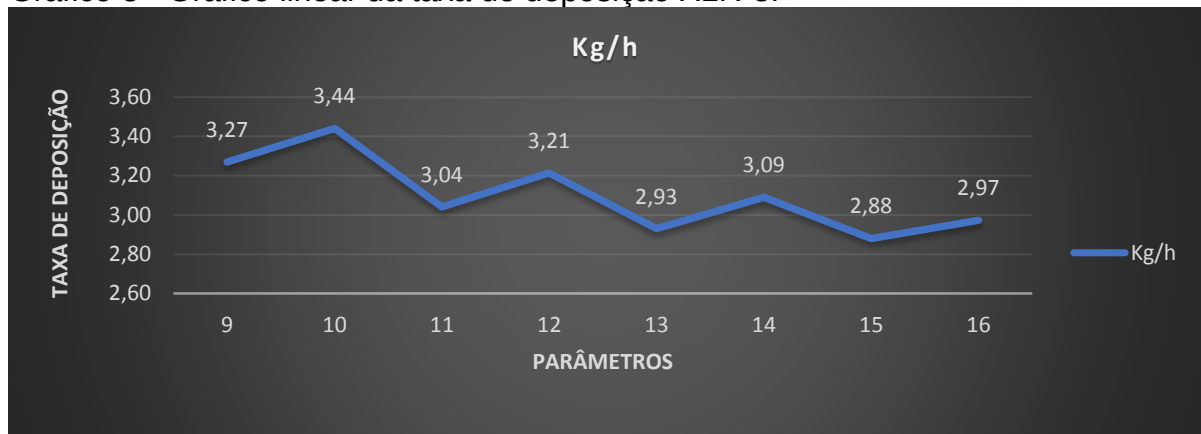
Fonte – Autor (2017).

Tabela 20 -Taxa de deposição para consumível XLR-8.

HOBART XLR-8					
PARÂMETRO	VELOCIDADE (cm/min)	DBCP (mm)	TENSÃO (V)	CORRENTE (A)	Kg/h
9	50	15	28	250	3,27
10	50	15	30	300	3,44
11	60	15	28	250	3,04
12	60	15	30	300	3,21
Alteração Dos Parâmetros					
13	50	20	28	250	2,93
14	50	20	30	300	3,09
15	60	20	28	250	2,88
16	60	20	30	300	2,97

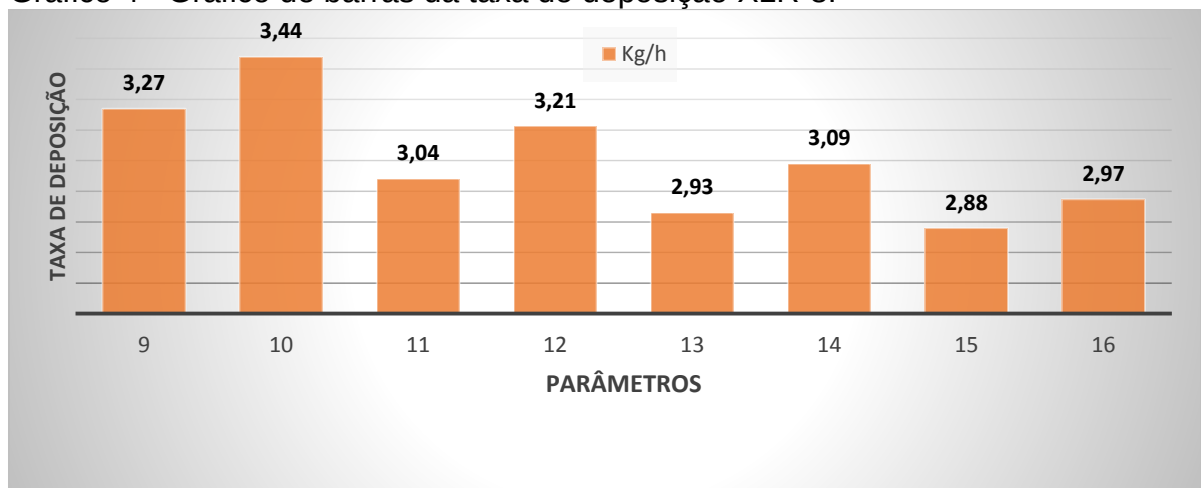
Fonte – Autor (2017).

Gráfico 3 - Gráfico linear da taxa de deposição XLR-8.



Fonte – Autor (2017).

Gráfico 4 - Gráfico de barras da taxa de deposição XLR-8.



Fonte – Autor (2017).

4.5 INFLUÊNCIA DA TENSÃO E CORRENTE SOBRE A TAXA DE DEPOSIÇÃO

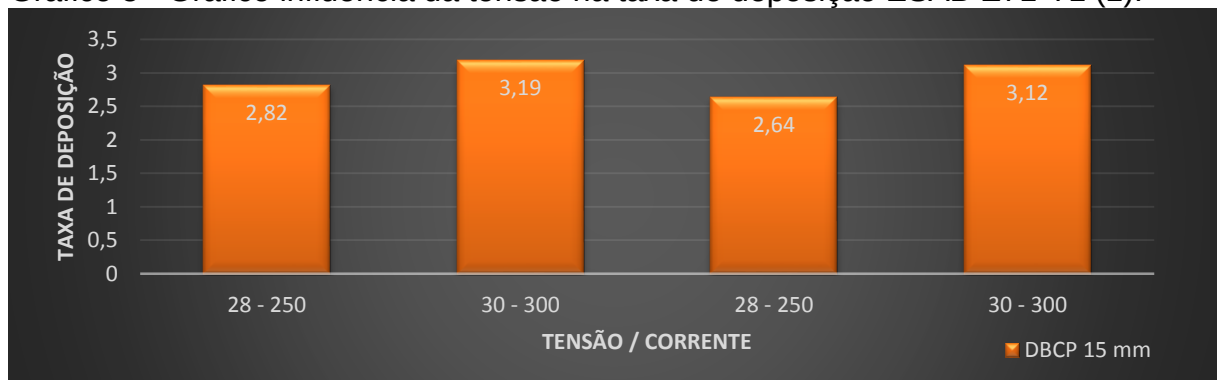
Com o aumento da tensão e corrente tem se um aumento da taxa de deposição, mas como pode ser observado esse aumento é limitado pela velocidade de soldagem e DBCP, de encontro a isso através dos parâmetros utilizados, pode se analisar a influência direta no processo de soldagem assim como suas variações conforme a alternância dos parâmetros, a tabela abaixo demonstra os valores percentuais de aumento da taxa de deposição, conforme ocorre a variação da tensão e corrente.

Tabela 21 - Efeito do aumento da tensão e corrente na taxa de deposição E71-T1.

ESAB E71-T1						
Parâmetro	Velocidade (Cm/Min)	DBCP (Mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	kg/h	%
1	50	15	28	250	2,82	13,12%
2	50	15	30	300	3,19	
3	60	15	28	250	2,64	18,18%
4	60	15	30	300	3,12	
Alteração Dos Parâmetros						
5	50	20	28	250	2,43	13,99%
6	50	20	30	300	2,77	
7	60	20	28	250	2,14	17,76%
8	60	20	30	300	2,52	

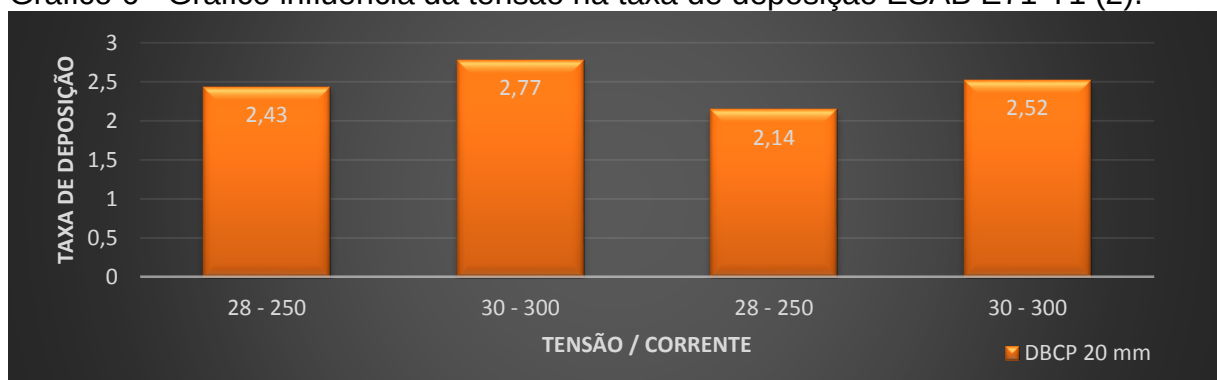
Fonte – Autor (2017).

Gráfico 5 - Gráfico influência da tensão na taxa de deposição ESAB E71-T1 (1).



Fonte – Autor (2017).

Gráfico 6 - Gráfico influência da tensão na taxa de deposição ESAB E71-T1 (2).



Fonte – Autor (2017).

Como pode ser observado pelos Gráficos 5 e 6, com o aumento da tensão e corrente, tem um aumento de material depositado ficando entre 13,12% a 18,18%, decaindo conforme se aumenta a velocidade de soldagem. A intensidade da tensão e corrente é parâmetro determinante na taxa de deposição para dadas condições fixas

de soldagem, existindo relação direta e proporcional entre as duas variáveis, sendo de extrema importância no que diz respeito a produtividade segundo (WAINER, 1992).

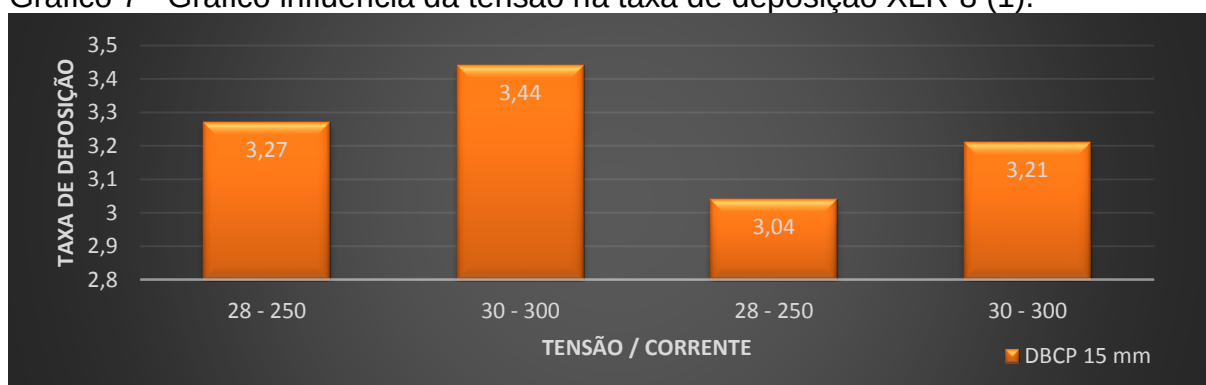
Para o consumível XLR-8, as características são semelhantes, em relação ao aumento da tensão juntamente com a corrente, porem comparado com o consumível E71-T1, a resposta do aumento da taxa de deposição, ocorre em proporções menores, quando comparado ficando entre 3,13% a 5,59% quando ocorre o aumento das duas variáveis, mantendo um nível de taxa de deposição com pouca variação durante a alterações dos parâmetros.

Tabela 22 - Efeito do aumento da tensão e corrente na taxa de deposição XLR-8.

HORBAT XLR-8						
Parâmetro	Velocidade (cm/min)	DBCP (mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	kg/h	%
9	50	15	28	250	3,27	5,20%
10	50	15	30	300	3,44	
11	60	15	28	250	3,04	5,59%
12	60	15	30	300	3,21	
Alteração Dos Parâmetros						
13	50	20	28	250	2,93	5,46%
14	50	20	30	300	3,09	
15	60	20	28	250	2,88	3,13%
16	60	20	30	300	2,97	

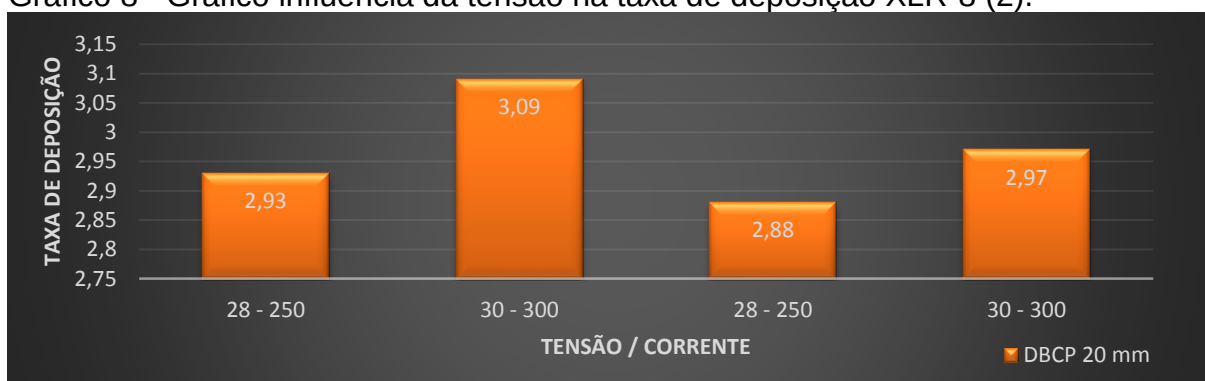
Fonte – Autor (2017).

Gráfico 7 - Gráfico influência da tensão na taxa de deposição XLR-8 (1).



Fonte – Autor (2017).

Gráfico 8 - Gráfico influência da tensão na taxa de deposição XLR-8 (2).



Fonte – Autor (2017).

4.6 INFLUÊNCIA DA DBCP E VELOCIDADE DE SOLDAGEM NA TAXA DE DEPOSIÇÃO

O aumento da DBCP de 15 mm para 20 mm, resultou em uma queda na taxa de deposição, mesmo aliando um aumento de tensão e corrente e mantendo a velocidade de soldagem fixa, a queda foi mantida quando se elevava a velocidade de soldagem, e mantinha se DBCP tensão e corrente fixa conforme os gráficos abaixo, para RODRIGUES (2005), o comportamento da DBCP, entre 15 mm e 17,5 mm, tem um acréscimo na taxa de deposição, a partir do aumento ocorre a diminuição, confirmando os resultados obtidos com a DBCP de 20 mm em relação com DBCP de 15 mm, em contrapartida o aumento da velocidade que é a segunda e mais importante, variável operacional do processo, apesar de seu controle no processo manual ser impreciso, influi diretamente na largura e altura do cordão mantendo relação direta com a taxa de deposição (WAINER, 1992).

Tabela 23 – Influência da DBCP na taxa de deposição E71-T1.

ESAB E71-T1						
Parâmetro	Velocidade (cm/min)	DBCP (mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	kg/h	%
1	50	15	28	250	2,82	-13,83%
5	50	20	28	250	2,43	
2	50	15	30	300	3,19	-13,17%
6	50	20	30	300	2,77	
3	60	15	28	250	2,64	-18,94%
7	60	20	28	250	2,14	
4	60	15	30	300	3,12	-19,23%
8	60	20	30	300	2,52	

Fonte – Autor (2017).

Tabela 24 - Influência da velocidade de soldagem na taxa de deposição E71-T1.

ESAB E71-T1						
Parâmetro	Velocidade (cm/min)	DBCP (mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	kg/h	%
1	50	15	28	250	2,82	-6,38%
3	60	15	28	250	2,64	
2	50	15	30	300	3,19	-2,19%
4	60	15	30	300	3,12	
5	50	20	28	250	2,43	-11,93%
7	60	20	28	250	2,14	
6	50	20	30	300	2,77	-9,03%
8	60	20	30	300	2,52	

Fonte – Autor (2017).

Como pode ser notado para o consumível E71-T1, ocorre uma queda de 13,83% e 13,17% quando se aumenta a DBCP e mantém fixa as outras variáveis de tensão e corrente e velocidade entre os parâmetros (1 e 5) e (2 e 6), mas as maiores queda na taxa de deposição, ocorrem com velocidades mais elevadas como poder ser visto nos parâmetros (3 e 7) e (4 e 8), chegando em percentuais entre 18,94% a 19,23%. Analisando a Tabela 24, nota-se que a influência da DBCP, influi mais diretamente na taxa de deposição, quando comparada com a velocidade ficando entre 6,38% e 11,93%.

Tabela 25 - Influência da DBCP na taxa de deposição XLR-8.

HORBAT XLR-8						
Parâmetro	Velocidade (cm/min)	DBCP (mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	kg/h	%
9	50	15	28	250	3,27	-10,40%
13	50	20	28	250	2,93	
10	50	15	30	300	3,44	-10,17%
14	50	20	30	300	3,09	
11	60	15	28	250	3,04	-5,26%
15	60	20	28	250	2,88	
12	60	15	30	300	3,21	-7,48%
16	60	20	30	300	2,97	

Fonte – Autor (2017).

Tabela 26 - Influência da velocidade de soldagem na taxa de deposição XLR-8.

HORBAT XLR-8						
Parâmetro	Velocidade (cm/min)	DBCP (mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	kg/h	%
9	50	15	28	250	3,27	-7,03%
11	60	15	28	250	3,04	
10	50	15	30	300	3,44	-6,69%
12	60	15	30	300	3,21	
13	50	20	28	250	2,93	-1,71%
15	60	20	28	250	2,88	
14	50	20	30	300	3,09	-3,88%
16	60	20	30	300	2,97	

Fonte – Autor (2017).

Analisando as Tabelas 25 e 26, ocorre que assim como no consumível E71-T1, as características encontradas foram semelhantes, quando analisando a influência da DBCP, mas em menores proporções ficando a queda na taxa de deposição entre 5,26% e 10,40% contra os 13,17% e 19,23%, concluindo que o consumível XLR-8, apresenta uma menor redução na taxa de deposição, e que a DBCP tem mais influência sobre o E71-T1, seguindo as mesmas características para velocidade ficando o XLR-8 entre 1,71% e 7,03% contra 2,19% e 11,93%, quando ocorre a alteração de velocidade.

4.7 ENSAIOS DE DUREZA NOS CORPO DE PROVA

Os ensaios de dureza foram realizados no laboratório da própria instituição, utilizado o equipamento da marca MITUTOYO HR-300, obedecendo a norma NBR 6508-1 em relação a temperatura ambiente e dimensões, sendo a leitura efetuada na escala Rockwell B, utilizando o penetrador de esfera de 1/16” com carga de 100kgf.

Figura 24 - Ensaio de dureza no corpos de prova.



Fonte – Autor (2017).

Como descrito no Tópico 3. Foi realizado três ensaios por região analisada, afim de obter a média de dureza em cada uma das três regiões. Conforme pode ser observado pela tabela abaixo.

Tabela 27 - Regiões de leituras nos corpos de prova.

Ponto	Regiões
A	Metal De Base (MB)
B	Zona Termicamente Afetada (ZTA)
C	Metal De Adição (ZF)

Fonte – Autor (2017).

Tabela 28 - Dureza dos corpos de prova E71-T1.

Parâmetro	Média Das Leituras		
	A	B	C
1	85,6 HRB	86,4 HRB	88,5 HRB
2	84,7 HRB	85,8 HRB	89,6 HRB
3	85,4 HRB	86,4 HRB	90,6 HRB
4	85,0 HRB	86,1 HRB	89,5 HRB
5	85,7 HRB	86,3 HRB	88,5 HRB
6	85,2 HRB	86,2 HRB	89,6 HRB
7	85,3 HRB	86,9 HRB	90,2 HRB
8	85,3 HRB	86,2 HRB	89,4 HRB

Fonte – Autor (2017).

Tabela 29 - Dureza dos corpos de prova XLR-8.

Parâmetro	Média Das Leituras		
	A	B	C
9	85,7 HRB	87,1 HRB	88,7 HRB
10	84,9 HRB	88,1 HRB	89,6 HRB
11	85,1 HRB	87,1 HRB	90,4 HRB
12	85,9 HRB	86,9 HRB	88,5 HRB
13	85,5 HRB	87,0 HRB	88,0 HRB
14	85,4 HRB	87,5 HRB	89,5 HRB
15	84,6 HRB	86,7 HRB	89,9 HRB
16	85,6 HRB	87,3 HRB	89,1 HRB

Fonte – Autor (2017).

Como pode ser observado em amarelo, ocorre o aumento da dureza conforme se aproxima das regiões afetadas pelo fluxo, este aumento da dureza torna as regiões mais sucessíveis a trincas, devido a fragilização da região. Os parâmetros que apresentaram maiores índice de aumento de dureza na zona fundida no consumível E71-T1 foram os parâmetros (3 e 7). Já para o consumível XLR-8 os parâmetros foram o (11 e 15). Os parâmetros que apresentaram as maiores taxas de deposição obtiveram o mesmo resultado na zona fundida 89,6 HRB, mas com variações no metal de base e na zona termicamente afetada onde houve a maior diferença.

4.8 ENSAIO DE TRAÇÃO NOS CORPOS DE PROVA

Os ensaios de tração ocorreram nos parâmetros que apresentaram maiores taxas de deposição, sendo realizado os ensaios no laboratório da própria instituição, os ensaios foram realizados no eixo longitudinal do corpo de prova, utilizando equipamento da empresa Contenco modelo I-3058 com capacidade máxima de carga de 100.000 kgf de acordo com a norma NBR – 6152 que recomenda as temperaturas ambiente e dimensões para os procedimentos.

Tabela 30 - Parâmetros que apresentaram maiores taxas de deposição.

Parâmetros com maiores taxa de deposições					
Parâmetro	Velocidade (cm/min)	DBCP (mm)	Tensão (V)	Corrente (A)	kg/h
2	50	15	30	300	3,19
HORBAT XLR-8					
10	50	15	30	300	3,44

Fonte – Autor (2017).

Figura 25 - Ensaio de tração nos corpos de prova.



Fonte – Autor (2017).

Foram utilizados três corpos de prova, dois sendo os que apresentaram os maiores taxas de deposição, e o terceiro servindo de parâmetro para o teste de tração pois nesse não foi realizado o processo de soldagem. Durante os ensaios de tração, foi verificado que o rompimento ocorria no metal de base e não na junta soldada para os dois corpos, após um alongamento do corpo de prova de forma geral, posteriormente ocorrendo a redução da área como consequência ocorrendo o rompimento.

Figura 26 - Corpo de prova E71-T1 (1).



Fonte – Autor (2017).

Figura 27 - Corpo de prova E71-T1 (2).



Fonte – Autor (2017).

Para o corpo de prova E71-T1 houve um alongamento de cerca de 53 mm até sua ruptura com uma carga aplicada de 13.050 kgf, já para o consumível XLR-8 o alongamento foi de 48 mm e sua ruptura com carga de 13.030 kgf.

Tabela 31 - Resultados dos ensaios de tração.

Amostra	Corpo de prova	Parâmetro de soldagem	Comprimento inicial	Comprimento final	Carga
1	C.P Sem solda	-	300 mm	364 mm	13.200 kgf
2	HOBART XLR-8	10	200 mm	248 mm	13.030 kgf
3	ESAB E71-T1	2	200 mm	253 mm	13.050 kgf

Fonte – Autor (2017).

Figura 28 - Corpos de prova após ensaios.



Fonte – Autor (2017).

Comparando as propriedades mecânicas dos consumíveis e do metal de base ASTM A36, já era esperado o mesmo não romper na região da junta soldada, pois os limites de ruptura e alongamentos são superiores ao do metal de base.

Tabela 32 - Propriedades mecânicas dos consumíveis.

Empresa	Modelo	Diâmetro	Gás	L.R	L.E
ESAB	Dual Shield 7100 LH	1,2 mm	CO ₂	585 MPA	515 MPA
Hobart®	Fabshield® XLR-8	1,6 mm	-	580 MPA	470 MPA

Fonte – Catálogo ESAB E71-T e Catálogo Hobart XLR-8.

Tabela 33 - Propriedades do material de base.

Limite De Escoamento	Limite De Ruptura
250 MPA	400 A 500 MPA

Fonte – Catalogo Arcelormittal.

Analisando os dados obtidos com os ensaios realizados, a carga de ruptura dos corpos de prova ficaram próximas das do corpo de prova que não sofreu o processo de soldagem, garantido assim a eficiência da junta soldada com ambos consumíveis.

5 CONCLUSÕES

O processo de soldagem MIG/MAG FCAW utilizando arames tubulares tem crescido devido a ser mais produtivo quando comparado a eletrodos revestidos, além de propiciar a soldagem sem proteção externa, quando utilizando o consumível auto protegido, em contrapartida existe a necessidade de remoção de escória para ambos os consumíveis tubulares, o processo em si possui mais vantagem em relação ao GMAW. A análise dos resultados obtidos durante essa pesquisa concluiu que o processo de soldagem utilizando o consumível E71-T1, apresenta um cordão de solda mais homogêneo quando diante das alterações dos parâmetros de soldagem como tensão corrente DBCP e velocidade de soldagem, apresentando um baixo índice de respingo próxima a região da junta soldada quando em conjuntos de parâmetros elevados e baixo, a geração de escória foi mínima, em relação sua remoção se mostrou mais simples quando comparada, com isso a taxa de deposição do mesmo de 3,19 kg/h ficou cerca de 27,5% menor do que a fornecida no catálogo de 4,4 kg/h, os teste de dureza se mostraram uniforme mostrando um aumento conforme se aproximava da junta soldada, sofrendo um elevação do metal de base para a zona ZTA, seguido de outro superior na zona fundida, sendo a que apresentou os maiores índices de dureza em todos os corpos de prova, os teste de trações mostraram que apesar dos corpos de provas possuírem uma junta soldada os mesmo apresentaram resultados satisfatórios não apresentando rompimento na região soldada, suportando uma carga de 13.050 kgf com o consumível E71-T1. Para o consumível XLR-8 o cordão de solda não se mostrou homogêneo quando comparado, possuindo um alto número de respingos gerados quando em tensões e corrente elevadas e com a DBCP de 20 mm, quando reduzidas essas variáveis constatava-se uma redução drásticas no número de respingo, mas ainda assim possuindo mais que seu concorrente, esse número elevado de respingo se deve ao fato do mesmo ser um consumível autoprotegido, possuindo fluxos em seu interior que promovem a proteção do arco, como resultado desse fluxo a geração de escória é superior quando comparada, e sua retirada se mostra mais dificultosa aderindo ao cordão, sendo necessário o uso de escova rotativa em certo momentos, a taxa de deposição de cerca de 3,44 kg/h ficou abaixo 10,88% do estipulado no catálogo de 3,86 kg/h mas possuindo uma eficiência maior quando comparada ao E71-T1, os teste de durezas conforme dito acima se mostraram uniforme nas regiões ensaiadas observando um aumento da dureza na

região do metal de base para a ZTA sendo superado pela zona fundida onde conforme acima, se mostrou a região com a incidência dos maiores índices de durezas, para os ensaios de tração o consumível assim como seu concorrente apresentou resultados aceitáveis suportando uma carga de 13.030 kgf contra os 13.050 kgf, concluindo assim as análises de ambos os consumíveis apresentando os parâmetros que mais obtiveram taxa de deposição, analisando através dos ensaios de dureza e tração os corpos de provas, e a influência dos parâmetros sobre os consumíveis analisados.

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento deste trabalho buscou-se analisar a influência das principais variáveis como velocidade de soldagem, tensão corrente distância do bico de contato contra a peça, e suas características quando alteradas no processo de soldagem, verificando as alterações de dureza nas zonas termicamente afetada, no metal de base e zona fundida, através dos ensaios de tração foi analisado a resistência da junta soldada e através dos conjuntos de parâmetros utilizado na pesquisa, foi possível determinar aquele que apresentará maior taxa de deposição nesse, contexto espera que com essa análise e seus resultados possa auxiliar trabalhos futuros na área de soldagem utilizando consumíveis tubulares.

5.2 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Para continuidade deste trabalho, seguem algumas recomendações:

- Análise dos consumíveis em outras posições de soldagem e suas taxa de deposição.
- Verificação da penetração da solda diante das alterações das variáveis.
- Viabilidade econômica entre ambos.
- Comparação de produtividade entre arame sólido e tubular.

REFERÊNCIAS

AMERICAN WELDING SOCIETY. Specification for carbono Steel Electrodes for Flux cored Arc Welding. ANSI/AWS A 5.20, 2005.

ARAUJO, W. R. **Comparação entre soldagem robotizada com eletrodo sólido e metal cored**. 2005. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Materiais metálicos - Ensaio de tração à temperatura ambiente: **NBR 6152**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Materiais Metálicos - Ensaio de dureza rockwell: **NBR 6508**. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL ARCELORMITTAL. Especificação do Aço de Qualidade Estrutural Naval. Disponível em: <http://longos.arcelormittal.com/pdf/produtos/construcao_civil/outros/manual-fabricacao-ca-50-ca-60.pdf>. Acesso em: 21 de setembro de 2017.

BARRA, S. R. **Influência do processo MIG/MAG térmico sobre a microestrutura e a geometria da zona fundida**. 2003. 248 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CAMPOS, P. T. **Caracterização Mecânica e microestrutural de juntas soldadas pelos processos MIG/MAG (GMAW)**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2005. Disponível em <http://www.biblioteca.pucpr.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=967> Acesso em 23 de setembro de 2017.

COLPAERT, H. **Metalógrafia dos Produtos Siderúrgicos**. 5º Edição. Editora LTC, Rio de Janeiro, 2008.

HOBARTBROTHERS. Produtos Detalhes – Disponível Em < <http://www.hobartbrothers.com/uploads/pdf/datasheets/FabshieldXLR-8-Spanish.pdf>. > Acesso em: 25 de maio de 2017

MACHADO, G.; **Soldagem & Técnicas Conexas: Processos**. Porto Alegre. Editado pelo autor, 1996.

MARQUES, P.; MODENESI, P.; BRACARENSE, A. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. Tradução 2. ed. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2005.

MOREIRA, A. F.; **A caracterização de revestimentos soldados com arame tubular**. Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu, 2006. <http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariamecanica/maprotec/17cbecimat_moreira.pdf >

Acesso em: 25 de maio de 2017

OKUMURA, T.; TANIGUCHI, C. **Engenharia de soldagem e aplicações**. Tradução. 1. ed. Rio de Janeiro (RJ): LTC, 1982.

QUITES, A. M. **Introdução a soldagem a arco voltaico**. Florianópolis, (SC): LTC, 1988.

RODRIGUES, L. O. **Análise e otimização de parâmetros na soldagem com arame tubular**. 2005. 97f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2005.

WAINER, Emilio; BRANDI. **Processos e Metalurgia**. 6º Reimpressão 2008. Editora Blucher, São Paulo SP, 1992.

ANEXOS



RELATÓRIO DO ENSAIO REALIZADO

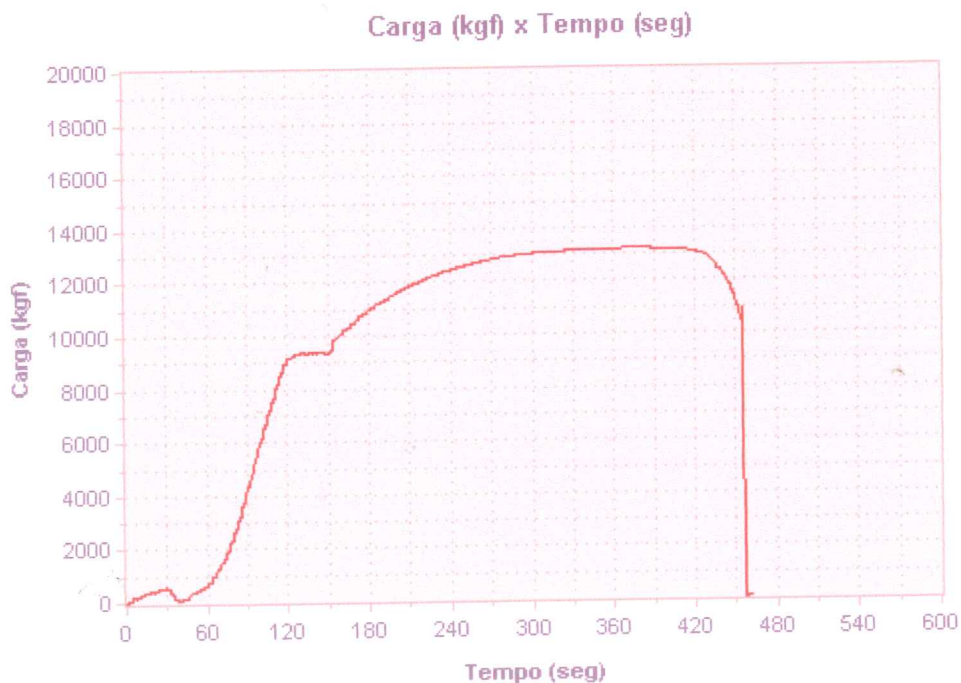
Dados Cadastrais

Nome da amostra: Amostra 01 TCC
Tipo Ensaio: Tração
Data do Ensaio: 20/10/2017
Qualidade1:
Responsável: Wesley
Operador: Wesley

Resultado do ensaio

Carga Máxima:	13.200 (kgf)	Tensão Máxima:	425,82 (MPa)
Carga Esc. Conv.:	(kgf)	Tensão Esc. Conv.:	(MPa)
Carga Esc. Inferior:	160 (kgf)	Tensão Esc. Inferior:	5,16 (MPa)
Carga Esc. Superior:	190 (kgf)	Tensão Esc. Superior:	6,13 (MPa)
Massa Linear:	0,00 (mm ²)		
Seção Média:	0,00 (g/mm)		
Alongamento Calc.:	(%)		

Gráfico do ensaio realizado





RELATÓRIO DO ENSAIO REALIZADO

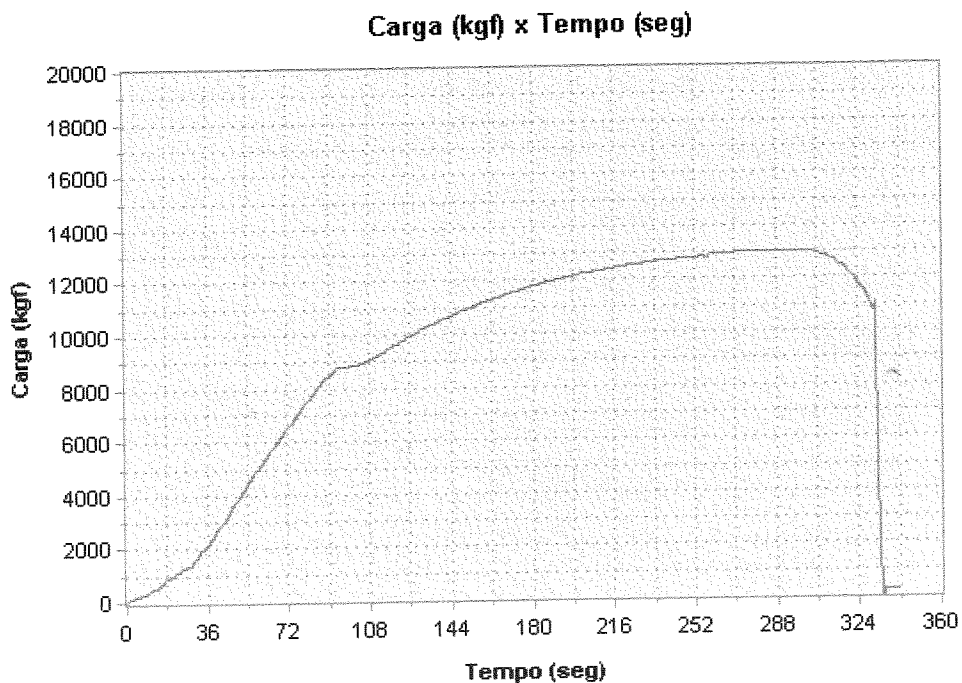
Dados Cadastrais

Nome da amostra: Amostra 02 - TCC
Tipo Ensaio: Tração
Data do Ensaio: 20/10/2017
Qualidade1:
Responsável: Wesley
Operador: Wesley

Resultado do ensaio

Carga Máxima:	13.030 (kgf)	Tensão Máxima:	443,68 (MPa)
Carga Esc. Conv.:	(kgf)	Tensão Esc. Conv.:	(MPa)
Carga Esc. Inferior:	250 (kgf)	Tensão Esc. Inferior:	8,51 (MPa)
Carga Esc. Superior:	280 (kgf)	Tensão Esc. Superior:	9,53 (MPa)
Massa Linear:	0,00 (mm ²)		
Seção Média:	0,00 (g/mm)		
Alongamento Calc.:	(%)		

Gráfico do ensaio realizado





RELATÓRIO DO ENSAIO REALIZADO

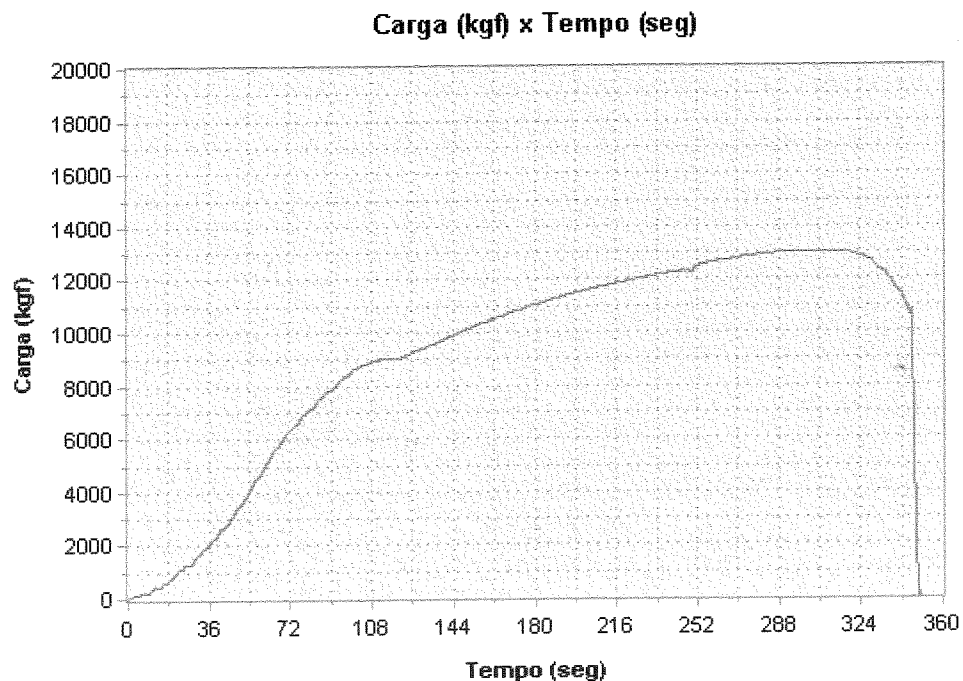
Dados Cadastrais

Nome da amostra: Amostra 03 - TCC
Tipo Ensaio: Tração
Data do Ensaio: 20/10/2017
Qualidade1:
Responsável: Wesley
Operador: Wesley

Resultado do ensaio

Carga Máxima:	13.050 (kgf)	Tensão Máxima:	434,70 (MPa)
Carga Esc. Conv.:	(kgf)	Tensão Esc. Conv.:	(MPa)
Carga Esc. Inferior:	210 (kgf)	Tensão Esc. Inferior:	7,00 (MPa)
Carga Esc. Superior:	270 (kgf)	Tensão Esc. Superior:	8,99 (MPa)
Massa Linear:	0,00 (mm ²)		
Seção Média:	0,00 (g/mm)		
Alongamento Calc.:	(%)		

Gráfico do ensaio realizado





Solicitante: Construtora Norberto Odebrecht S. A.
 Endereço: Rodovia PR 163, S/Nº - km. 106 - Zona Rural - Capanema - PR
 1. Instrumento: Relógio Comparador
 Fabricante: Digimess Modelo: 121.304
 Faixa de medição: 10,0 mm Nº Serie: 5302913
 Valor de uma divisão: 0,01 mm
 TAG/Identificação: Não Consta
 OS: 0335/17-01
 Data da Calibração: 16/05/2017
 Data de Emissão: 16/05/2017

2. Procedimento de Calibração: Foi realizado 1 ciclo de medição, conforme Instrução de Trabalho IRC-004, rev. 02, baseado na norma DIN 878 ed. 10/83.

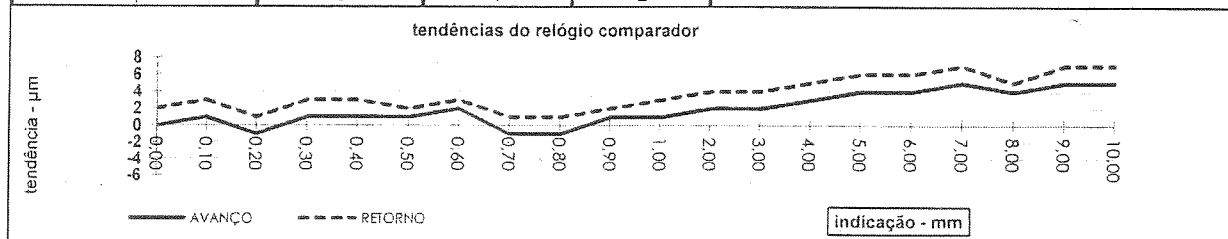
3. Padrão(ões) utilizado(s): Calibrador de Relógio

Fabricante: Mitutoyo
 Nº Instrumento: AR-001
 Executante: Mitutoyo Calibrado em: 02/2016 Nº do Certificado: 01397/16
 Próxima Calibração: 02/2018
 Credenciado no Inmetro/Rede Brasileira de Calibração sob nº 0031

4. RESULTADOS:

indicação (mm)	avanço (µm)	retorno (µm)	erro (µm)
0,00	0	2	2
0,10	1	3	2
0,20	-1	1	2
0,30	1	3	2
0,40	1	3	2
0,50	1	2	1
0,60	2	3	1
0,70	-1	1	2
0,80	-1	1	2
0,90	1	2	1
1,00	1	3	2
2,00	2	4	2
3,00	2	4	2
4,00	3	5	2
5,00	4	6	2
6,00	4	6	2
7,00	5	7	2
8,00	4	5	1
9,00	5	7	2
10,00	5	7	2

característica	erro
tges = Desvio total =	8 µm
fe = Desvio avanço =	6 µm
fe = Desvio retorno =	6 µm
fu = Erro de retorno =	2 µm
fw = Repetitividade =	2 µm



Incerteza de medição: $\pm 2 \mu m$

A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência $k=2$, fornecendo um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Temperatura: 20,6 °C
 Umidade: 57%

ANTONIO L. TOMAZOLI
 Gerente Técnico
 CREA 5062004107

VANDERLEI BASSI
 Metrologista

A reprodução deste certificado só poderá ser total e dependente da aprovação por escrito do laboratório emissor

Micromile Comércio e Assistência Técnica de Aparelhos de Medição Ltda.

Rua Djalma Forjaz, 74 - Mandaqui - São Paulo - SP - Cep: 02418-160 - Fone/Fax: (11) 3628-8200 / 2262-8200

www.micromile.com.br

e-mail: micromile@michromile.com.br

Registrada no CREA/SP sob o nº 0000716194



100% reclicado

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Nº 17749/16C

OS Nº 3325/16

SOLICITANTE: CONSTRUTORA NOBERTO ODEBRECHT S.A.
ENDEREÇO: Rod. PR 163 - KM 106 - CENTRO - Capanema - PR
CONTRATANTE: Real Tools Comercial Ltda.
ENDEREÇO: Rua Florencio de Abreu - 279 - Centro - São Paulo - SP

1- **Instrumento** Paquímetro Convencional
Fabricante Digimess
Modelo 100.030
Série 400813

TAG / Identificação
Faixa de Medição 0 a 300 mm
Resolução 0,05 mm

2- Método de Calibração:

O paquímetro foi calibrado com os padrões relacionados no item 5. A tendência foi obtida através da média de três medições. Baseado em nossa Instrução de Calibração: IC-065 REV. de 17/05/2011.

3- **Temperatura inicial da calibração:** 20 ± 2 °C

4- **Local da Calibração:** Instemaq Comercial Técnica Ltda
 Rua Salvador Leme, 211/215 - Bom Retiro - São Paulo - SP

5- Padrões Utilizados:

- **Jogo de Blocos Padrão 56 Peças** - Cerâmica, nosso nº 050-EC, certificado 07611/15 de 11/8/2015 calibrado por Mitutoyo (Suzano) (RBC nº 31), válido até 11/2017.

- **Padrão Escalonado**, nosso nº 425-EC, certificado 00085/14 de 15/1/2014 calibrado por Mitutoyo (Suzano) (RBC nº 31), válido até 11/2017.

6- Resultados da Calibração:

Medição Externa				
Nominal (mm)	Tendência (mm)	Incerteza (mm)	Veff	Fator k
0,00	0,00	0,03	infinito	2,00
10,30	0,00	0,03	infinito	2,00
50,00	0,00	0,03	infinito	2,00
100,00	0,00	0,03	infinito	2,00
200,00	0,00	0,03	infinito	2,00
300,00	0,00	0,03	infinito	2,00

Medição do Ressalto				
Nominal (mm)	Tendência (mm)	Incerteza (mm)	Veff	Fator k
300,00	0,00	0,03	infinito	2,00

Medição da Haste				
Nominal (mm)	Tendência (mm)	Incerteza (mm)	Veff	Fator k
300,00	0,00	0,03	infinito	2,00

Paralelismo das Faces de Medição Externa				
Nominal (mm)	Tendência (mm)	Incerteza (mm)	Veff	Fator k
300,00	0,00	0,03	infinito	2,00

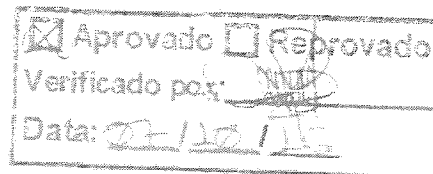
Medição Interna				
Nominal (mm)	Tendência (mm)	Incerteza (mm)	Veff	Fator k
300	0,03	0,03	infinito	2,00

Paralelismo das Faces de Medição Interna				
Nominal (mm)	Tendência (mm)	Incerteza (mm)	Veff	Fator k
300,00	0,00	0,03	infinito	2,00

7- Incerteza de Medição: Vide Tabela Acima

A incerteza expandida de medição relatada e declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada por um fator de abrangência k o qual para uma distribuição t com veff graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Data da Calibração: 30/9/2016
Data de Emissão: 30/9/2016



Ricardo Felix Monteiro Neto
 Técnico Responsável

Notas:

- Este certificado esta de acordo com os termos do "Vocabulário Internacional de Metrologia" (VIM), em sua última revisão.
- Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- A reprodução total ou parcial deste certificado depende exclusivamente da aprovação por escrito da INSTEMAQ.
- Técnico Executante: Ricardo Felix Monteiro Neto
- PAQ-003 REV 00 de 31/3/2011

Consulte-nos sobre manutenção de Instrumentos de Medição de Precisão

1. Contratante: **TECHDAM TECNOLOGIA PARA BARRAGENS**

Rua Francisco Juglaire, 628 - Curitiba Pr

1.1 Solicitante: **O mesmo**

2. Descrição

Objeto: Balança digital Marca: Marte Modelo: AS5500C Nº série: 313345
Identificação: BAL-03 Valor de uma divisão: 0,01 / 0,1 g Faixa de indicação: 0 a 5000 g

3. Método Utilizado

3.1 Procedimentos:

Conforme solicitação, nosso Laboratório realizou calibração no objeto acima, com base em nosso procedimento de confirmação metroológica PGQ-005 revisão 05 e Instrução de processo IPR-012 revisão 00. Foram realizadas (03) três medições independentes sendo que o resultado apresentado é média aritmética das medições.

4. Padrões utilizados / Periodicidade

Conjunto de pesos padrão, marca Cauduro, nosso nº PMBA-08, certificado nº 13009369 calibrado pelo TECPAR (Laboratório Acreditado pelo INMETRO sob o nº 85) em 04/09/2013, com validade até 09/2018.

Conjunto de pesos padrão, marca Marte, nº de série 304462, nosso nº PMBA-06, certificado nº 13005711 calibrado pelo Tecpar (Laboratório Acreditado pelo INMETRO sob o nº 85) em 14/06/2013, com validade até 06/2018.

5. Incerteza nas medições (U)

A incerteza de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02 e nosso procedimento PGQ-018 revisão 02.

6. Condições Ambientais durante a calibração

Temperatura: (20 ±0,5) °C

Umidade relativa do ar: (55 ±5) %

7. Considerações

Data de recebimento: 19/2/16

Data da calibração:

31/03/2016

Data da emissão:

31/03/2016

8. Resultados da calibração

Unidade de medição g			
Indicação no padrão	Indicação média no mensurando	U	k
10,00	9,98	0,01	2,00
20,00	19,99	0,01	2,00
50,00	49,98	0,01	2,00
100,00	99,98	0,01	2,00
200,00	199,98	0,01	2,00
500,00	499,9	0,1	2,00
1000,00	999,9	0,1	2,00
1500,00	1499,9	0,1	2,00
2000,00	1999,9	0,1	2,00
3000,00	3000,0	0,1	2,00
4000,00	4000,3	0,1	2,00
5000,00	5000,3	0,1	2,00

☒ Aprovado ☐ Reprovado
Verificado por: 
Data: 16/05/16

Ivo Cavalcante
Técnico Executante

Mário S. Andreassa
Gerente técnico
CONRE nº 7548ASP

Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração, nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes. Esta calibração não isenta o instrumento do controle metroológico estabelecido na Regulamentação Metroológica. A CALIBRATEC autoriza a reprodução deste certificado, desde que qualquer cópia sempre apresente seu conteúdo integral. ALD

Descripción:

El **Fabshield XLR-8** ha sido diseñado específicamente para la construcción de estructuras metálicas. Este excepcional hilo tubular sin gas de protección produce un arco estable en un ancho rango de parámetros. Es capaz de realizar soldaduras con calidad de rayos X en toda posición. Funciona especialmente bien en vertical ascendente a altos niveles de corriente para aumentar la productividad. Está diseñado para ser usado tanto en una pasada, como en múltiples. Produce un baño de soldadura plano con una excepcional separación de la escoria. Las soldaduras del Fabshield XLR-8 tienen unas fantásticas características mecánicas en un amplio rango de input térmico. Cumple con la nueva designación D bajo AWS A5.20/A5.20M:2005. Se puede utilizar bajo AWS D1.8 para soldaduras críticas. Se recomienda usarlo con máquinas de voltaje constante CV.

Aplicaciones:

Construcción en acero estructural, reparación de equipo pesado, construcción de puentes, construcción de barcos y barcasas.

Características:

- Soldadura fuera de posición a altas corrientes
- Bajo depósito de Hidrógeno
- Excelente separación de escoria
- No se requiere gas de protección
- Alta resistencia al impacto a bajas temperaturas
- Excelentes propiedades mecánicas en un amplio rango de input térmico. Cumple con la nueva designación D bajo AWS A5.20/A5.20M:2005

Ventajas:

- Aumento de productividad
 - Proporciona un aumento de resistencia a la rotura, facilita soldaduras con calidad rayos X.
 - Aumenta la productividad eliminando el enganche de la escoria.
 - Utilizable en exteriores
 - Resistente a la rotura en entornos hostiles
- Utilizable bajo AWS D1.8 para soldaduras críticas

Gas de protección: No se requiere

Propiedades Químicas (típicas)*:

Carbono (C)	0,19
Manganeso (Mn)	0,51
Silicio (Si)	0,17
Fósforo (P)	0,009
Azufre (S)	0,006
Aluminio (Al)	0,51

Deposito de Hidrogeno* (típico): Menos de 6,7 ml/ 100 g

Propiedades Mecánicas Típicas*:

	(48 HR @ 93,3° C)	Designación D- según AWS Bajo input térmico (30 Kj/ in) (Tasa de refrigeración rápida)	A5.20/A5.20M:2005 Alto input térmico (80 Kj/ in) (Tasa de refrigeración lenta)
Tensión de Rotura:	84.100 psi (580 MPa)	87.500 psi (603 MPa)	78.800 psi (544 MPa)
Límite Elástico:	67.600 psi (470 MPa)	68.500 psi (473 MPa)	62.800 psi (433 MPa)
Alargamiento % en 2"	25%	22,5 %	28 %

Valores de Impacto (Charpy):

	Metal Soldado	Designación D- según AWS Bajo input térmico (30 Kj/ in) (Tasa de refrigeración rápida)	A5.20/A5.20M:2005 Alto input térmico (80 Kj/ in) (Tasa de refrigeración lenta)
A 20°C (+70°F)	N/ D	77 ft•lbs (104 J)	73 ft•lbs (99 J)
A -18°C (0°F)	N/ D	60 ft•lbs (81 J)	50 ft•lbs (68 J)
A -29°C (-20°F)	40 ft•lbs (54 J)	No se requiere	No se requiere
A -40°C (-40°F)	31 ft•lbs (42 J)	No se requiere	No se requiere

*La información contenida, o cualquier otra referenciada, se presenta solamente como "típica", no constituyendo ningún tipo de garantía, así Hobart Brothers Company rehusa expresamente en cualquier responsabilidad por la confianza que a estos datos se pueda dar. Los datos típicos son aquellos que se obtienen cuando se suelda y ensaya de acuerdo con la especificación AWS A5.20. Otros ensayos y procedimientos pueden producir resultados diferentes. No se puede utilizar ningún dato como recomendación para ningún tipo de soldadura o técnica no controlada por Hobart Brothers Company.

Hobart Brothers Company • 400 Trade square East • Troy, Ohio 45373 (USA)
www.hobartbrothers.com



Conformidades y Aprobaciones:

- AWS A5.20/A5.20M, Clase E71T-8JD H8
- ASME SFA 5.20, Clase E71T-8JD H8
- ABS Grado 3SA, 3YSA H10
- CWB Clase E491T-8J H8

Datos de Soldadura:

La información que se lista abajo fue obtenida soldando con corriente continua, con electrodo negativo (DCEN).

Diámetro m/m	Posición de Soldadura	Amps.	Volts.	Velocidad de hilo MPM	Tasa de deposición Kg/hr	Stickout ± 1/4"	Eficiencia de Deposición (%)
1,6 m/m	Plano/ Horiz.	150	19	3,2	1,54	1"	60
	Plano/ Horiz.	240	24	7,1	3,27	1"	76
	Plano/ Horiz.	300	30	10,2	3,86	1"	76
	Vertical/ Asc.	140	17,5	3,2	1,54	1"	65
	Vertical/ Asc.	225	24	5,6	2,59	1"	72
	Vertical/ Asc.	250	25	6,8	3,18	1"	78
	Techo	150	18,5	3,7	1,59	1"	60
	Techo	225	23	5,3	2,36	1"	76
	Techo	260	35	6,3	2,95	1"	72
1,8 m/m	Plano/ Horiz.	160	18	2,5	1,41	1"	69
	Plano/ Horiz.	290	23	5,1	3,27	1"	80
	Plano/ Horiz.	350	25	7,1	5,13	1"	81
	Vertical/ Asc.	145	18	2,3	1,36	1"	69
	Vertical/ Asc.	250	24,5	4,3	2,68	1"	79
	Vertical/ Asc.	280	25	5,1	3,27	1"	80
	Techo	185	18,5	3,2	1,77	1"	69
	Techo	260	23	4,3	2,68	1"	79
	Techo	290	34,5	5,1	3,27	1"	80
2,0 m/m	Plano/ Horiz.	190	18	2,5	1,77	1,25"	75
	Plano/ Horiz.	265	23	4,2	2,81	1,25"	75
	Plano/ Horiz.	350	25	5,7	4,22	1,25"	74
	Vertical/ Asc.	145	18	2,5	1,77	1,25"	75
	Vertical/ Asc.	240	24	3,8	2,68	1,25"	75
	Vertical/ Asc.	280	25	5,1	3,63	1,25"	76
	Techo	185	18,5	3,2	1,91	1"	75
	Techo	260	23	3,5	2,54	1"	75
	Techo	350	34,5	5,1	3,63	1"	75

En Negrita: Parámetros Óptimos

Precaución:

Los usuarios deben de estar familiarizados con las precauciones de seguridad adheridas en cada embalaje, y con las de la Asociación Americana de Normalización: Z49.1 "Seguridad en Soldadura y Corte", publicadas por la Asociación Americana de Soldadura (AWS), 550 NW LeJune Road, Miami, FL 33126.

Las hojas de seguridad de cualquier producto de Hobart Brothers Company se pueden obtener a través del servicio de atención al cliente de Hobart, o a través de la página web: www.hobartbrothers.com.

Debido a que Hobart Brothers Company está continuamente mejorando y desarrollando productos, Hobart se reserva el derecho de cambiar el diseño o las especificaciones sin previo aviso.

Fabshield es una marca registrada de Hobart Brothers Company, Troy, OH, USA.
Hobart Brothers es una compañía de Illinois Tool Works.





OM-257 722J/bpg

2016-05

Processos



Soldagem MIG (GMAW)

Soldagem Arame Tubular (FCAW)

Descrição

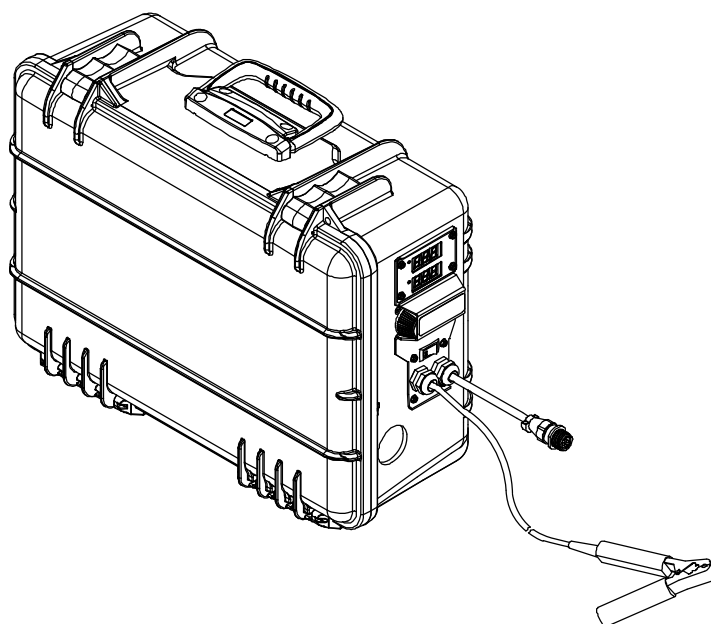


Alimentador de arame

SuitCase[®]

X-TREME 12VSTM

Com ArcReach[®]



www.MillerWelds.com
www.itwsoldagem.com.br

MANUAL DO USUÁRIO

Dual Shield 7100 Ultra

Like many other Dual Shield products, Dual Shield 7100 Ultra operates in a wider parameter range and generates less welding fumes than many similar welding wires. The low spatter levels and easy slag removal minimizes post weld cleanup. Dual Shield 7100 Ultra can be used with either 100% CO₂ or 75% Ar/25% CO₂. This versatility in gas selection provides the fabricator greater flexibility in choosing both wire and gas. Applications include railcar and earth moving equipment, as well as general structural steel fabrication.

Classifications:	AWS A5.20:E71T-1C-DH8, AWS A5.20:E71T-9C-DH8, AWS A5.20:E71T-1M-DH8, AWS A5.20:E71T-9M-DH8, AWS A5.36:E71T1-C1A2-CS1-DH8, AWS A5.36:E71T1-M21-CS1-DH8, ASME SFA 5.20, ASME SFA 5.36
Approvals:	ABS , BV , LR , DNV-GL , CWB CSA W48; E491T-9-H8
Industry or Segmentation:	Civil Construction, Mobile Equipment, Ship/Barge Building, Industrial and General Fabrication, Bridge Construction, Railcars, Automotive, Process

Approvals are based on factory location. Please contact ESAB for more information.

Typical Tensile Properties

Condition	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation
100% CO₂			
As Welded	515 MPa (75 ksi)	585 MPa (85 ksi)	26 %
75% Ar - 25% CO₂			
As Welded	540 MPa (78 ksi)	605 MPa (88 ksi)	26 %

Typical Charpy V-Notch Properties

Condition	Testing Temperature	Impact Value
100% CO₂		
As Welded	-18 °C (0 °F)	58 J (43 ft-lb)
As Welded	-29 °C (-20 °F)	34 J (25 ft-lb)
75% Ar - 25% CO₂		
As Welded	-18 °C (0 °F)	57 J (42 ft-lb)
As Welded	-29 °C (-20 °F)	47 J (35 ft-lb)

Typical Weld Metal Analysis %

C	Mn	Si	S	P
100% CO₂				
0.02	1.3	0.5	0.013	0.010
75% Ar - 25% CO₂				
0.03	1.6	0.6	0.012	0.010

Dual Shield 7100 Ultra

Deposition Data

Diameter	Amps	Volts	Wire Feed Speed	Deposition Rate	Efficiency
100% CO₂					
0.9 mm (.035 in.)	105 A	24 V	635 cm/min (250 in./min)	1.3 kg/h (2.8 lb/h)	86 %
0.9 mm (.035 in.)	140 A	25 V	1016 cm/min (400 in./min)	2.1 kg/h (4.6 lb/h)	87 %
0.9 mm (.035 in.)	165 A	25.5 V	1206.5 cm/min (475 in./min)	2.5 kg/h (5.5 lb/h)	88 %
0.9 mm (.035 in.)	185 A	27 V	1397 cm/min (550 in./min)	2.9 kg/h (6.3 lb/h)	88 %
1.2 mm (.045 in.)	192 A	25.5 V	762 cm/min (300 in./min)	2.5 kg/h (5.5 lb/h)	79 %
1.2 mm (.045 in.)	230 A	28 V	816 cm/min (400 in./min)	3.3 kg/h (7.4 lb/h)	82 %
1.2 mm (.045 in.)	300 A	30.5 V	1070 cm/min (500 in./min)	4.4 kg/h (9.6 lb/h)	83 %
1.4 mm (.052 in.)	150 A	23.5 V	381 cm/min (150 in./min)	1.6 kg/h (3.6 lb/h)	76 %
1.4 mm (.052 in.)	190 A	24 V	508 cm/min (200 in./min)	2.2 kg/h (4.9 lb/h)	78 %
1.4 mm (.052 in.)	250 A	25.5 V	762 cm/min (300 in./min)	3.5 kg/h (7.7 lb/h)	82 %
1.4 mm (.052 in.)	300 A	27 V	1016 cm/min (400 in./min)	4.7 kg/h (10.3 lb/h)	83 %
1.6 mm (1/16 in.)	195 A	24 V	381 cm/min (150 in./min)	2.5 kg/h (5.5 lb/h)	85 %
1.6 mm (1/16 in.)	290 A	25.5 V	635 cm/min (250 in./min)	4.2 kg/h (9.2 lb/h)	87 %
1.6 mm (1/16 in.)	325 A	26.5 V	762 cm/min (300 in./min)	4.9 kg/h (10.9 lb/h)	86 %
1.6 mm (1/16 in.)	352 A	27 V	889 cm/min (350 in./min)	6.0 kg/h (13.1 lb/h)	88 %
1.6 mm (1/16 in.)	382 A	28.5 V	1016 cm/min (400 in./min)	6.7 kg/h (14.7 lb/h)	87 %

Recommended Welding Parameters

Diameter	Amps	Volts	Wire Feed Speed	TTW Dist.
100% CO₂				
0.9 mm (.035 in.)	110-135 A	23-25 V	559-838 cm/min (220-330 in./min)	9.5-12.7 mm (3/8-1/2 in.)
0.9 mm (.035 in.)	135-160 A	24-28 V	838-1118 cm/min (330-440 in./min)	12.7-16 mm (1/2-5/8 in.)
0.9 mm (.035 in.)	160-185 A	26-30 V	1118-1397 cm/min (440-550 in./min)	16-19 mm (5/8-3/4 in.)
1.2 mm (.045 in.)	135-205 A	23-26 V	381-660 cm/min (150-260 in./min)	9.5-12.7 mm (3/8-1/2 in.)
1.2 mm (.045 in.)	205-230 A	25-27 V	660-965 cm/min (260-380 in./min)	12.7-19 mm (1/2-3/4 in.)
1.2 mm (.045 in.)	230-305 A	26-30 V	965-1321 cm/min (380-520 in./min)	15-25.4 mm (5/8-1 in.)
1.4 mm (.052 in.)	125-235 A	23-26 V	279-584 cm/min (110-230 in./min)	12.7-16 mm (1/2-5/8 in.)
1.4 mm (.052 in.)	235-290 A	25-29 V	584-864 cm/min (230-340 in./min)	16-19 mm (5/8-3/4 in.)
1.4 mm (.052 in.)	290-350 A	29-31 V	864-1194 cm/min (340-470 in./min)	19-25.4 mm (3/4-1 in.)
1.6 mm (1/16 in.)	165-270 A	25-28 V	279-508 cm/min (110-200 in./min)	16-19 mm (5/8-3/4 in.)
1.6 mm (1/16 in.)	270-345 A	27-30 V	508-762 cm/min (200-300 in./min)	19-25.4 mm (3/4-1 in.)
1.6 mm (1/16 in.)	345-415 A	28-32 V	762-1067 cm/min (300-420 in./min)	25.4-31.75 mm (1-1.25 in.)



OM-2247/bpg

212857AF

2016-01

Processos



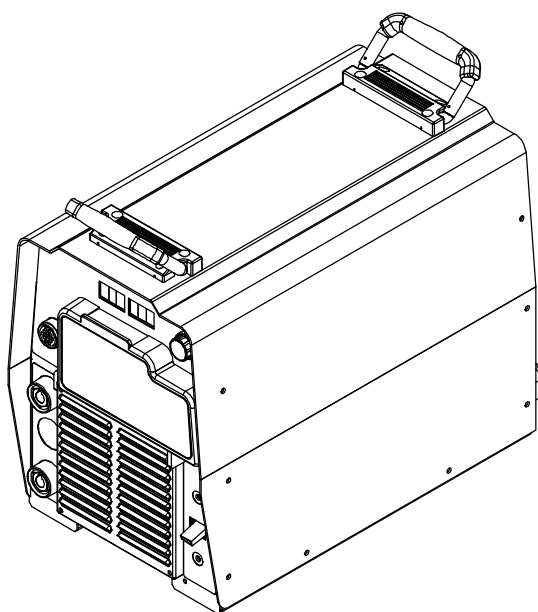
Soldagem Multiprocesso

Descrição



Fonte de energia para soldagem a arco

XMT[®] 350 CC/CV Auto-Line[™]



MANUAL DO USUÁRIO



www.MillerWelds.com
www.itwsoldagem.com.br

APÊNDICES

Largura Dos Cordões De Solda

ESAB - E71-T1					
PARÂMETRO	Ponto 1 (mm)	Ponto 2 (mm)	Ponto 3 (mm)	Ponto 4 (mm)	Média (mm)
1	9,70	9,65	9,80	9,45	9,65
2	9,90	9,70	9,80	9,75	9,79
3	7,80	7,60	7,60	7,55	7,64
4	7,85	7,60	7,50	7,70	7,66
5	9,10	8,90	9,00	8,95	8,99
6	9,50	9,30	9,65	9,50	9,49
7	7,50	7,70	7,70	7,50	7,60
8	7,70	7,65	7,60	7,60	7,64

HOBART XLR-8					
PARÂMETRO	Ponto 1 (mm)	Ponto 2 (mm)	Ponto 3 (mm)	Ponto 4 (mm)	Média (mm)
9	12,9	11,45	12,20	11,80	12,09
10	13,35	13,20	13,25	13,25	13,26
11	11,65	10,80	10,30	10,45	10,80
12	11,6	11,4	11,25	11,4	11,41
13	12,5	11,25	11,90	11,50	11,79
14	12,5	13,00	12,70	12,60	12,70
15	10,40	10,80	10,60	11,10	10,73
16	10,7	10,90	10,70	10,80	10,78

Calculo Da Taxa De Deposição

ESAB E71-T1											
Corpo De Prova	Parâmetro	C.P	Massa inicial (kg)	Massa final (kg)	Massa depositada (kg)	Velocidade (cm/min)	DBCP (mm)	Tensao (V)	Corrente (A)	Tempo de soldagem (h)	kg/h
1	1	15	1,206	1,220	0,014	50	15	28	250	0,00496	2,82
2	2	6	1,188	1,204	0,016	50	15	30	300	0,00502	3,19
3	3	14	1,183	1,194	0,011	60	15	28	250	0,00417	2,64
4	4	7	1,129	1,142	0,013	60	15	30	300	0,00417	3,12
Alteração Dos Parâmetros											
5	5	12	1,132	1,144	0,012	50	20	28	250	0,00494	2,43
6	6	5	1,136	1,150	0,014	50	20	30	300	0,00505	2,77
7	7	16	1,185	1,194	0,009	60	20	28	250	0,00421	2,14
8	8	9	1,125	1,136	0,011	60	20	30	300	0,00436	2,52
HORBAT XLR-8											
1AA	9	8	1,126	1,142	0,016	50	15	28	250	0,00489	3,27
2AA	10	10	1,139	1,156	0,017	50	15	30	300	0,00494	3,44
3AA	11	11	1,133	1,146	0,013	60	15	28	250	0,00428	3,04
4AA	12	13	1,191	1,204	0,013	60	15	30	300	0,00405	3,21
Alteração Dos Parâmetros											
5AA	13	1	1,137	1,152	0,015	50	20	28	250	0,00512	2,93
6AA	14	2	1,161	1,176	0,015	50	20	30	300	0,00485	3,09
7AA	15	3	1,132	1,144	0,012	60	20	28	250	0,00417	2,88
8AA	16	4	1,208	1,220	0,012	60	20	30	300	0,00404	2,97

Equação 2 - Taxa de deposição

$$TD = \frac{Mf - Mi}{Ts} \quad (\text{Kg/h}) \quad \text{Eq. 2}$$

Em que

TD = Taxa De Deposição (kg/h).

Mf = Massa Final Da Amostra (Kg).

Mi = Massa Inicial Da Amostra (Kg).

Ts = Tempo De Soldagem (h).

Altura Dos Cordões De Solda

ESAB - E71-T1					
PARÂMETRO	Ponto 1 (mm)	Ponto 2 (mm)	Ponto 3 (mm)	Ponto 4 (mm)	Média (mm)
1	2,42	2,33	2,27	2,26	2,32
2	2,21	2,52	2,56	2,63	2,48
3	2,3	1,91	2,12	1,95	2,07
4	2,37	2,48	2,49	2,51	2,46
5	2,26	2,2	2,13	2,21	2,20
6	2,29	2,49	2,26	2,42	2,37
7	1,8	2,166	2,13	2,14	2,06
8	2,15	2,11	2,26	2,42	2,24

HOBART XLR-8					
PARÂMETRO	Ponto 1 (mm)	Ponto 2 (mm)	Ponto 3 (mm)	Ponto 4 (mm)	Média (mm)
9	2,55	2,61	2,60	2,63	2,60
10	2,25	2,86	2,75	2,83	2,67
11	2,29	2,1	2,08	2,23	2,18
12	2,54	2,62	2,53	2,63	2,58
13	2,22	2,54	2,38	2,43	2,39
14	2,67	2,63	2,53	2,52	2,59
15	1,98	1,98	2,02	2,11	2,02
16	2,11	2,1	2,13	2,31	2,16

Calculo Do Tempo De Soldagem

Corpo De Prova	Comprimento Corpo de Prova (cm)	Velocidade (cm/min)	Tempo de soldagem (horas)
ESAB E71-T1			
1	14,89	50	0,00496
2	15,05	50	0,00502
3	15,00	60	0,00417
4	15,00	60	0,00417
5	14,81	50	0,00494
6	15,16	50	0,00505
7	15,17	60	0,00421
8	15,70	60	0,00436

HOBART XLR-8			
1AA	14,68	50	0,00489
2AA	14,83	50	0,00494
3AA	15,39	60	0,00428
4AA	14,56	60	0,00405
5AA	15,36	50	0,00512
6AA	14,56	50	0,00485
7AA	15,00	60	0,00417
8AA	14,53	60	0,00404

Equação 3 - Tempo de soldagem.

$$Ts = \frac{L}{60+v} \quad (h)$$

Eq.3

Ts = Tempo De Soldagem (h).

v = Velocidade De Soldagem (cm/min).

L = Leitura do comprimento do corpo de prova.

Energia De Soldagem

Velocidade (cm/min)	Tensao (V)	Corrente (A)	Rendimento	Energia de soldagem (J/cm)
50	28	250	0,80	6720
50	30	300	0,80	8640
60	28	250	0,80	5600
60	30	300	0,80	7200

Equação 1 - Energia da soldagem.

$$E = \frac{N \cdot 60 \cdot U \cdot I}{v}$$

Eq. 1

E = Energia de soldagem [J/cm]

N = Rendimento térmico do processo

U = Tensão do arco [V]

I = Corrente de soldagem [A]

v = Velocidade De Soldagem [cm/min]