

**BENEDITO VIEIRA CÉSAR NETO**

**COMPARAÇÃO DE JUNTA SOLDADA AÇO CARBONO/ AÇO  
INOX UTILIZANDO COMO METAL DE ADIÇÃO AÇO  
CARBONO E AÇO INOX**

Guaratinguetá  
2015

BENEDITO VIEIRA CESAR NETO

COMPARAÇÃO DE JUNTA SOLDADA AÇO CARBONO/ AÇO  
INOX UTILIZANDO COMO METAL DE ADIÇÃO AÇO  
CARBONO E AÇO INOX

Trabalho de graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Estadual Paulista como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Peterson Luis Ferrandini

Guaratinguetá  
2015

C421c Cesar Neto, Benedito Vieira  
Comparação de junta soldada aço carbono/ aço inox utilizando como metal de adição aço carbono e aço inox / Benedito Vieira Cesar Neto – Guaratinguetá : [s.n], 2014.  
67 f. : il.  
Bibliografia : f. 59  
Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014.  
Orientador: Prof. Dr. Peterson Luiz Ferrandini

1. Soldagem 2. Aço-carbono I. Título

CDU 621.791

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

**BENEDITO VIEIRA CESAR NETO**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE "GRADUADO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA"

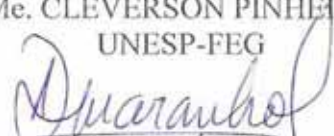
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. PETERSON LUIZ FERRANDINI  
Orientador/UNESP-FEG

  
Me. CLEVERSON PINHEIRO  
UNESP-FEG

  
Eng. DIEGO DE ARAÚJO MARANHÃO  
Membro Externo

Fevereiro de 2015

Dedico este trabalho aos meus pais, que mesmo com todos os obstáculos impostos pela vida se sacrificaram por seus filhos, e conseguiram que todos se tornassem pessoas do bem. Sempre enfatizaram a importância dos estudos para a construção de um futuro melhor, cobraram bons resultados nunca duvidaram da minha capacidade de chegar até aqui.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, *Benedito e Rita*; as minhas irmãs *Maria Laura e Maria Vitória* que acreditaram em mim e foram meu alicerce e segurança para que essa conquista seja realizada.

Ao meu professor e orientador, *Prof. Peterson*, que me apoio na execução desta monografia.

Aos colegas de trabalho, *Marcelo, Igor* por seu total apoio na execução dos corpos de prova e dados experimentais.

Ao colega de Faculdade, *Pedro Barros*, da empresa Metal Lince pelo fornecimento de material para confecção dos corpos de prova.

Aos meus parceiros de turma *André, Leandro, Barbosinha e Biologia* por terem se revesado em me ajudar em trabalhos e apresentações, pelas viagens a Guará sem entrar na FEG e por todas as cervejas compartilhadas;

A minha parceira e futura esposa, *Bruna* por ter me aturado durante estes mais de cinco anos juntos, pela ajuda nas horas difíceis e por todo o apoio nas dificuldades enfrentadas no decorrer do curso.

"A simplicidade é o último grau de sofisticação."

Leonardo da Vinci

CESAR NETO, BENEDITO VIEIRA. **Comparação de Junta solda Aço Carbono/ Aço Inox utilizando como metal de adição Aço Carbono e Aço Inox**. 2015. 67 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

## **RESUMO**

Na indústria contemporânea os processos de soldagem são amplamente empregados, este é o mais importante processo de união de metais industrialmente utilizado. A soldagem pode ser usada para construção de estruturas simples, portas e grades, da mesma forma que pode ser utilizada em situações de elevada responsabilidade, como na indústria petrolífera e nuclear. Solda dissimilar é um dos casos de uniões soldadas, é caracterizada pela junção entre diferentes materiais, no caso, aço inox e aço carbono que são largamente utilizadas em linhas de vapor em plantas de energia, em reatores nucleares, plantas petroquímicas. Por suas diferentes propriedades mecânicas e corrosivas, a junta, aço inox com aço carbono, não reúne somente requisitos ambientais mais também reduz custo. Através de testes de líquido penetrante, macrografia, ensaio de dureza e de tração foi comparada a possibilidade de substituir a atual utilização de varetas 309 como metal de adição na solda dissimilar entre aço carbono e aço inox por um material de adição essencialmente de aço carbono, no caso foi utilizado eletrodo revestido E7018, mas sem o revestimento. Após análise dos resultados obtidos e posterior comparação, foi possível propor com alguma certeza que é possível a substituição dos materiais de adição, acarretando assim economia neste processo largamente utilizado pela indústria moderna.

**PALAVRAS-CHAVE:** solda dissimilar. aço carbono. aço inox. TIG.



CESAR NETO, BENEDITO VIEIRA. comparison of welding Joint Carbon Steel / Stainless Steel using as filler metal Carbon Steel and Stainless Steel. 2015. 67 f. Graduate work (Graduation in Mechanical Engineering) - Faculty of Guaratinguetá Campus Engineering, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

### **ABSTRACT**

In contemporary industrial, welding processes are widely used, this is the most important process of joining metals used industrially. The welding can be used to build simple structures, like doors and gates for instance, in the same way can be used in situations of high responsibility, such as the nuclear industry and oil industry. Dissimilar welding is a case of welded joints, is characterized by the junction between different materials, for this case, stainless steel and carbon steel that are widely used in steam lines, power plants, nuclear reactors, petrochemical plants. Because their different mechanical and corrosive properties, the join, stainless steel with carbon steel, not only meets environmental requirements and also reduces cost. By using penetrating liquid tests, macrograph, hardness and tensile test was compared the possibility of replacing the current use of 309 rods as filler metal in dissimilar welding between carbon steel and stainless steel by add-on material carbon steel essentially, in this case E7018 coated electrode was used, but without the coating. After analysis of the results and for comparison, was proposed with some certainty that it is possible to replace the addition of materials, thus leading economy in this process widely used in the modern industry.

**KEYWORDS:** dissimilar join. carbon steel. stainless steel. GTWA.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: comparativo de soldabilidade.....	17
Figura 2: Zona de fusão e zona termicamente afetada .....	18
Figura 3: Divisão dos processos de soldagem .....	19
Figura 4: Histograma de Processos Metalúrgicos .....	20
Figura 5: Representação esquemática da superfície metálica limpa .....	21
Figura 6: Processo de soldagem GMAW .....	23
Figura 7: Equipamentos da solda GMAW .....	24
Figura 8: Esquema do processo TIG .....	25
Figura 9: Ilustração da falta de penetração .....	29
Figura 10: Ilustração da mordedura.....	29
Figura 11: Ilustração da Falta de Fusão.....	30
Figura 12: Macrografia mostrando a presença de porosidade na forma esférica num cordão de solda em AlSi (a) e microporosidade entre os ramos dentrícios no mesmo cordão (b). .	31
Figura 13: Porosidade vermicular com direção e crescimento da raiz para o reforço (a) e porosidade agrupada (b). .....	31
Figura 14: Corpos de prova soldados com material de adição de aço inox.....	39
Figura 15: Corpos de prova soldados com material de adição de aço carbono.....	39
Figura 16: Corpos de prova após corte da serra fita.....	41
Figura 17: Corpos de prova após embutimento e lixamento.....	41
Figura 18: LP nos CP soldados com aço inox .....	43
Figura 19: LP nos CP soldados com aço carbono .....	44
Figura 20: Poro no CP 1 .....	44
Figura 21: Poro no CP 10 .....	45
Figura 22: Macrografia CP 6, interface inox-cordão.....	45
Figura 23: Macrografia CP 6, interface inox-cordão.....	46
Figura 24: Macrografia CP 6, cordão. ....	47
Figura 25: Macrografia CP 6, cordão. ....	48
Figura 26: Interfase Inox-MA (a), Interfase Carbono-MA (b).....	48
Figura 27: Macrografia CP 6, transição ZTA-aço carbono. ....	49
Figura 28: Macrografia CP 6, metal base aço carbono.....	50

Figura 29: Macrografia CP 1, interface cordão inox-aço carbono. ....	50
Figura 30: Macrografia CP 1, interface cordão inox-aço carbono. ....	51
Figura 31: Macrografia CP 1, metal base aço carbono.....	51
Figura 32: Dureza nos Corpos de prova 1 e 6. ....	53
Figura 33: Gráfico tensão-deformação dos CP's.....	55
Figura 34: CP após o teste de tração.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Processos de soldagem .....	22
Tabela 2 - Vantagens, limitações e aplicações do processo GMAW .....	24
Tabela 3 - Tipos de processo de soldagem TIG .....	26
Tabela 4 – Dureza do CP1 .....	52
Tabela 5 – Dureza do CP 6.....	52
Tabela 6 – Parâmetros do ensaio de tração.....	54

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

AI – Aço Inox

AC – Aço Carbono

CP – Corpo de Prova

AWS – American Welding Society

TIG – Tungsten Inert Gas

EPS – Especificação de procedimento de soldagem

ZTA – Zona Termicamente Afetada

MA – Metal de Adição

MB – Metal Base

HSLA – High Strenght Low Alloy

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	14
1.2	OBJETIVOS .....	15
1.3	JUSTIFICATIVA .....	15
2	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	16
2.1	METALURGIA E PROCESSOS DE SOLDAGEM .....	16
2.2	SOLDABILIDADE.....	16
2.3	SOLDAGEM.....	18
2.3.1	<b>Processo de soldagem por fusão</b> .....	21
2.3.2	<b>Processo de soldagem gmaw</b> .....	22
2.3.3	<b>Processo de soldagem tig</b> .....	25
2.3.5	<b>Processo de soldagem smaw</b> .....	26
2.3.6	<b>Variáveis do processo</b> .....	27
2.3.6.1	Pré-aquecimento .....	27
2.3.7	<b>Descontinuidade da solda</b> .....	28
2.3.7.1	Falta de penetração .....	29
2.3.7.2	Mordedura .....	29
2.3.7.3	Falta de fusão.....	30
2.3.7.4	Porosidade .....	30
2.4	<b>AÇO INOX</b> .....	31
2.4.1	<b>Ferríticos</b> .....	32
2.4.2	<b>Martensíticos</b> .....	32
2.4.3	<b>Austenítico</b> .....	33
2.4.4	<b>Duplex</b> .....	34
2.4.5	<b>Endurecíveis por precipitação</b> .....	34
2.4.6	<b>Outras famílias de aços inocidáveis</b> .....	34
2.5	<b>AÇO CARBONO</b> .....	35
3	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	38
3.1	<b>CORPOS DE PROVA</b> .....	38

3.2	ENSAIOS .....	40
3.2.1	<b>Ensaio de liquido penetrante</b> .....	40
3.2.2	<b>Análise metalografica</b> .....	40
3.2.3	<b>Ensaio de dureza</b> .....	42
3.2.4	<b>Ensaio de tração</b> .....	42
4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	43
4.1	ANÁLISE DE LIQUIDO PENETRANTE .....	43
4.2	CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL.....	45
4.3	ANÁLISE DA DUREZA .....	52
4.4	ANÁLISE DA TRAÇÃO.....	54
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	57
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	59
	<b>APÊNDICE</b> .....	60

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Na indústria contemporânea os processos de soldagem são amplamente empregados, este é o mais importante processo de união de metais industrialmente utilizado. Este método de união tem importante aplicação desde a indústria microeletrônica até a fabricação de navios e outras estruturas com centenas ou milhares de toneladas de peso. A soldagem pode ser usada para construção de estruturas simples, portas e grades, da mesma forma que pode ser utilizada em situações de elevada responsabilidade, como na indústria petrolífera e nuclear.

Segundo Ramazam e Orham (2003) por sua excepcional resistência a corrosão, boas propriedades mecânicas e bom preço, aços inox tem se tornado incrivelmente atrativo a um grande número de setores industriais. Aços inoxidáveis tem sido preferido pela indústria devido a suas boas propriedades mecânicas, excepcional resistência a corrosão em uma ampla gama de ambientes e boa soldabilidade. Entretanto existe uma limitada quantidade de informação sobre propriedades das microestruturas em soldas dissimilares que utilizam aço inox. A crescente aplicação desse material requer um melhor entendimento das questões sobre soldas dissimilares entre aços.

A união entre diferentes materiais é geralmente mais desafiadora do que a solda entre materiais similares por causa das diferentes propriedades físicas, químicas e mecânicas dos metais base soldados. Essas diferenças também complicam a seleção do material de adição que seja compatível com os diferentes materiais base

Para Wenyoung, Shengsun e Junqi (2014) a solda dissimilar entre aço inox (AI) e aço carbono (AC) são largamente utilizadas em linhas de vapor em plantas de energia, em reatores nucleares, plantas petroquímicas. Por suas diferentes propriedades mecânicas e corrosivas, a junta aço inox com aço carbono (AI-AC) não reúne somente requisitos ambientais mais também reduz custo. Juntas dissimilares são caracterizadas por mudanças microestruturais que produzem uma grande variação de características físicas e químicas através da junta. Dessa forma, existem alguns problemas que devem ser estudados em



juntas AI-AC. O problema com solda dissimilar entre AC e AI é a formação de fase secundária devido ao maior teor de carbono do AC do que AI.

Portanto, descarbonização e crescimento de grãos ocorrem na zona termicamente afetada (ZTA) no AC, alterando as propriedades mecânicas. Muitos recursos são utilizados na junta AC-AI, para resolver os problemas mencionados, são aplicados metais de adição austeníticos na fabricação das juntas.

## 1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo desta monografia é estudar a possibilidade da utilização de eletrodo E7018 como material de adição nas juntas soldadas dissimilares entre aço inox e aço carbono no processo industrial GTAW (TIG). Visto que atualmente a soldagem entre aço carbono e aço inox utiliza comumente como adição material predominantemente de inox.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Atualmente é comum, entre a solda dissimilar de aço inox e aço carbono, na indústria metalúrgica o uso como material de adição varetas AISI ER309 que são caras em comparação com materiais de adição essencialmente de aço carbono. Assim este trabalho tem por essência propor a substituição do material utilizado na solda como forma de diminuição do preço do processo de soldagem acarretando economia para empresas que utilizam essa forma de soldagem.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 METALURGIA E PROCESSOS DE SOLDAGEM**

Um grande número de diferentes processos utilizados na fabricação e recuperação de peças, equipamentos e estruturas é abrangido pelo termo soldagem. Classicamente, a soldagem é considerada como um processo de união, porém, na atualidade, muitos processos de soldagem ou variações destes são usados para a deposição de material sobre uma superfície, visando à recuperação de peças desgastadas ou para a formação de um revestimento com características especiais. Diferentes processos relacionados com a soldagem são usados para corte de peças metálicas e em muitos aspectos estas operações se assemelham a operações de soldagem .

A soldagem se destaca como um processo importante nas indústrias, porém para que a solda resultante esteja dentro das especificações alguns fatores importantes devem ser levados em conta. Apesar do processo de soldagem ser simples a estrutura do material sofre bastante em função da alta energia associada em uma porção de material bem pequeno, (MODENESE, 2000).

### **2.2 SOLDABILIDADE**

A definição de soldabilidade de acordo com a American Welding Society é a capacidade de um material ser soldado nas condições de fabricação impostas por uma estrutura projetada de forma adequada e de se comportar adequadamente em serviço. (MODENESE, 2000).

Podemos dizer que soldabilidade é a capacidade que um material tem de ser fundido ou unido com outro material de mesmas características químicas ou não.

A composição química é a capacidade de formarem-se soluções sólidas em séries entre um metal e outro, são os principais fatores que influenciam na soldabilidade. Por esses motivos é muito importante que se conheçam como os diferentes materiais e processos se comportam.

Quando um material exige bastante cuidado em variáveis de soldagem como controle de temperatura, de pré-aquecimento, pós-aquecimento e velocidade de soldagem,

por exemplo, tal material é considerado com baixa soldabilidade. E quando ocorre o oposto, em que o material exige um baixo controle das variáveis de soldagem, então é considerado de alta soldabilidade. A figura 1 mostra um comparativo de soldabilidade de alguns materiais:

Figura 1: comparativo de soldabilidade

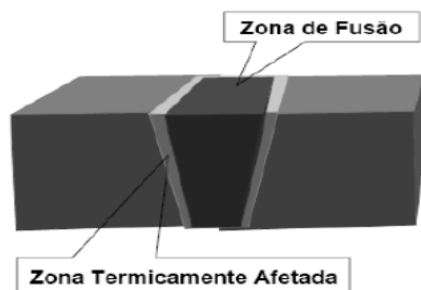
material	soldabilidade			
	ótima	boa	regular	difícil
aço de baixo carbono	X			
aço de médio carbono		X	X	
aço de alto carbono				X
aço inox	X	X		
aços liga			X	
ferro fundido cinzento			X	
ferro fundido maleável e nodular			X	
ferro fundido branco				X
ligas de alumínio		X		
ligas de cobre		X		

Fonte: (MARANHO , 2013)

A solda em um material envolve uma diferenciação das características metalúrgicas do metal base a ser soldado, em função da deformação plástica do material e o emprego de uma energia alta; neste caso os parâmetros de soldagem devem estar bem definidos em função das características do material a ser soldado.

A solda pode apresentar alguns defeitos chamados de descontinuidades e alguns fatores devem ser levados em conta: problemas na zona de fusão ou zona termicamente afetada (ZTA), que ocorrem logo após o processo de soldagem e podem gerar porosidades, trincas de solidificação e perda de resistência. A figura 2 ilustra a zona termicamente afetada.

Figura 2: Zona de fusão e zona termicamente afetada



Fonte: (TELLES, 10ª ED)

### 2.3 SOLDAGEM

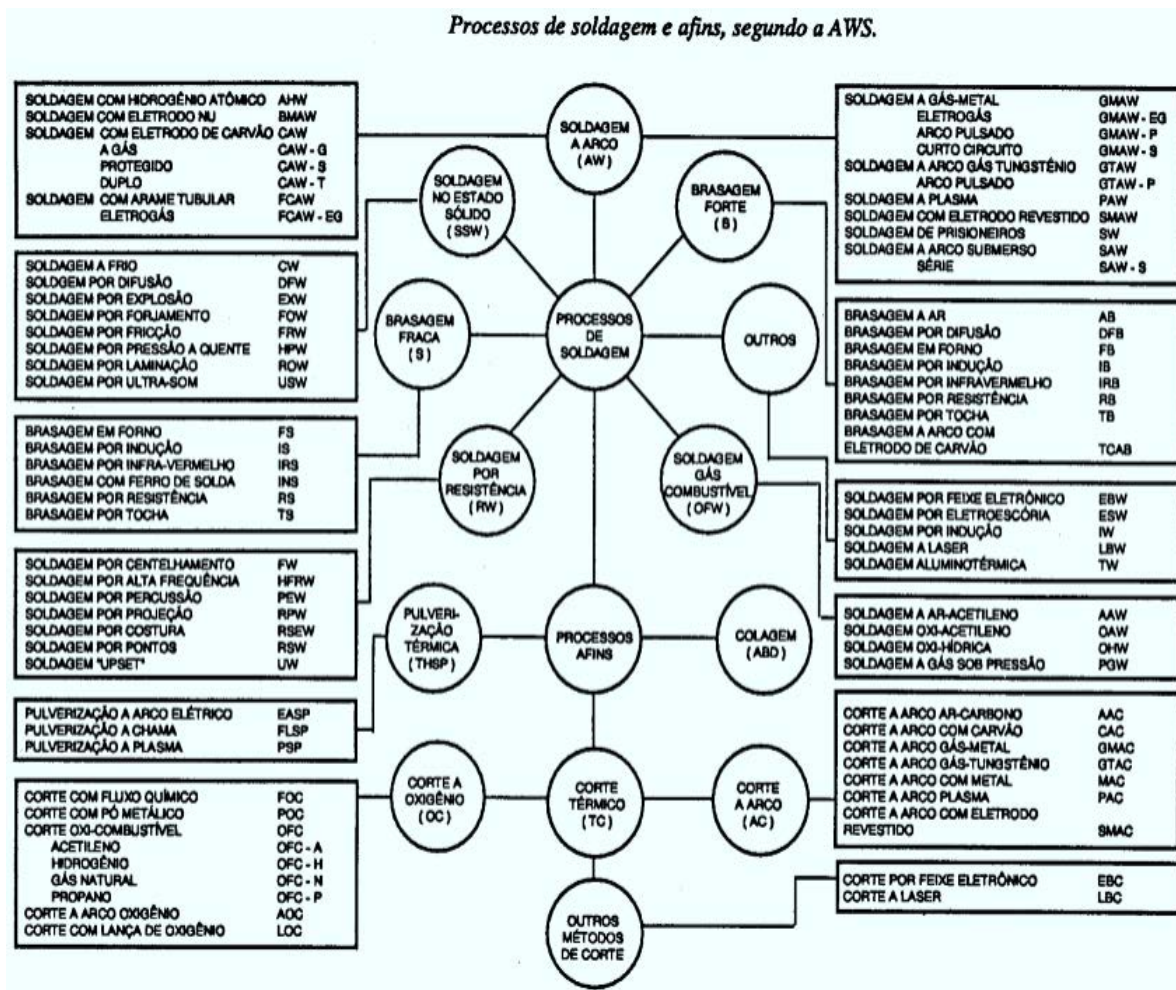
A ação de aproximação e aquecimento, plasticidade ou fusão parcial, leva a um fenômeno de difusão na zona soldada, dando como resultado a junta (solda), que se caracteriza por sua resistência e que se torna perfeitamente coesa depois que se resfria. (CHIAVERINI, 1986).

Segundo Modenese (2000) a soldagem pode ser considerado uma fusão de materiais, normalmente metálicos, que mantenham as características do material constante na união de duas peças, porém nem sempre conseguimos manter as características do material in natura em função da temperatura e avariais inerentes ao processo

*“Operação que visa obter a coalescência localizada produzida pelo aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem aplicação de pressão e de metal de adição” (Definição adotada pela AWS – American Welding Society)*

A figura 3 ilustra as diferentes formas de soldagem e a figura 4 demonstra as diferenças entre processos metalúrgicos de união.

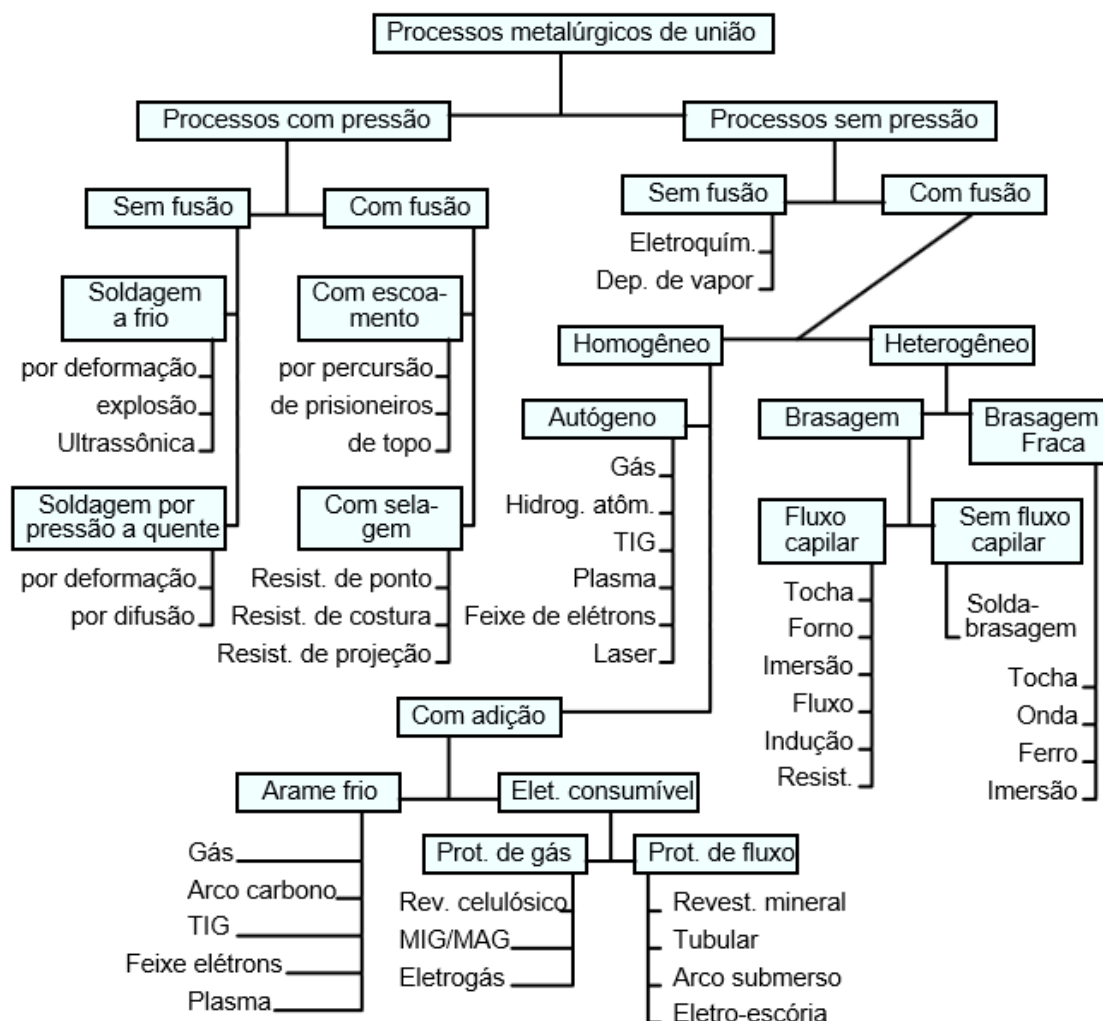
Figura 3: Divisão dos processos de soldagem



Fonte: (American Welding Society)

Conforme a figura acima, existem várias maneiras de se unir materiais através de soldagem.

Figura 4: Histograma de Processos Metalúrgicos



Fonte: (MARANHO, 2013)

As variações de processos de soldagem são de grande importância para o mercado, por meio de distintos processos é possível soldar os mais diferentes metais, não metais e ligas. Possibilitando também a variação de processos quanto a qualidade, custo, disponibilidade de mão-de-obra, entre outros.

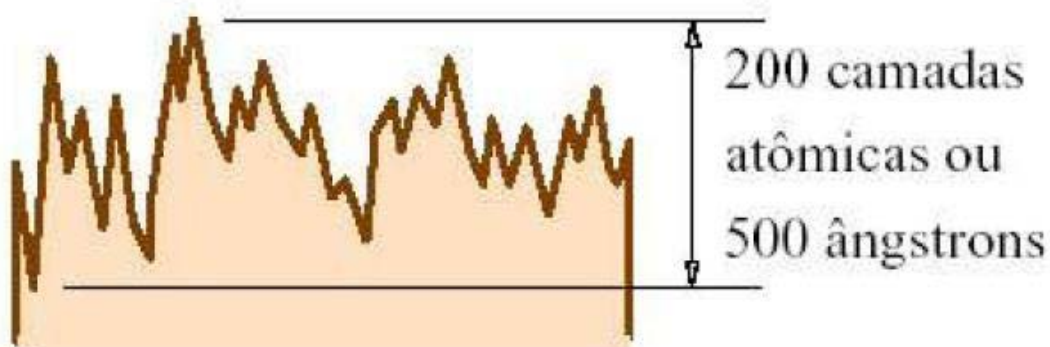
O processo de solda microscopicamente analisando é dificultado por dois fatores:

- Todo e qualquer metal, por mais polido que seja apresenta rugosidade na ordem dos 50 nm de altura, dificultando a união entre os átomos dos materiais.

- Na maioria dos metais ocorre a formação natural de óxidos, esses, por sua vez também dificultam a união entre materiais e as vezes devem ser retirados antes da soldagem, de tão prejudicial seria se estivesse presente na solda, como é o caso do alumínio, em que ocorre a formação de óxido de alumínio que apresenta alta dureza.

Os metais por sua vez apresentam uma estrutura de difícil fusão, quando no estado natural, por apresentarem uma rugosidade superficial grande nas escalas macro e microscópica como mostrado na figura 5:

Figura 5: Representação esquemática da superfície metálica limpa



Fonte: (MODENESE, 2000)

Na superfície externa do metal por apresentarem as rugosidades e ligações químicas incompletas há o surgimento de camadas de óxidos, poeiras e umidade dificultando a união das peças. Para eliminar estas camadas externas de óxidos e poeiras aplicamos uma pressão externa nas superfícies possibilitando a aproximação dos átomos.

### 2.3.1 PROCESSO DE SOLDAGEM POR FUSÃO

Existe uma gama de processos de soldagem por fusão e existe, dentre esses processos, os mais utilizados na indústria. Subgrupos de processos são criados nas mais diversas divisões, um exemplo de divisão é o processo de soldagem por energia utilizada, destaca-se como processo mais utilizado o método por arco elétrico. A seguir mostraremos na tabela 1 que subdivide os principais métodos de soldagem por arco elétrico (MODENESE, 2000)

Tabela 1 - Processos de soldagem

PROCESSO	FONTES DE CALOR	TIPO DE CORRENTE E POLARIDADE	AGENTE PROTETOR	OUTRAS CARACTERÍSTICAS	APLICAÇÕES
Soldagem por eletro-escória	Aquecimento por resistência da escória líquida	Contínua ou Alternada	Escória	Automática / Mecanizada. Junta na vertical. Arame alimentado mecanicamente na poça de fusão. Não existe arco.	Soldagem de aços carbono, baixa e alta liga, espessuras $\geq$ 50 mm. Soldagem de peças de grande espessura
Soldagem a arco submerso	Arco Elétrico	Contínua ou Alternada. Eletrodo +	Escória e gases gerados	Automática / Mecanizada ou semi-automática. O arco arde sob uma camada de fluxo granular	Soldagem de aços carbono, baixa e alta liga. Espessura $\geq$ 10 mm. Posição plana ou horizontal de peças estruturais, tanques, vasos de pressão, etc
Soldagem com eletrodos revestidos	Arco Elétrico	Contínua ou Alternada. Eletrodo + ou -	Escória e gases gerados	Manual. Vareta recoberta por uma camada de fluxo	Soldagem de quase todos os metais, exceto cobre puro, metais preciosos, reativos e de baixo ponto de fusão. Usado na soldagem em geral.
Soldagem com arame tubular	Arco Elétrico	Contínua. Eletrodo +	Escória e gases gerados ou fornecidos por fonte externa. Em geral o CO <sub>2</sub>	O fluxo está contido dentro de um arame tubular de pequeno diâmetro. Automático ou semi-automático	Soldagem de aços carbono com espessuras $\geq$ 1 mm. Soldagem de chapas
Soldagem MIG/MAG	Arco Elétrico	Contínua. Eletrodo +	Argônio ou Hélio, Argônio + O <sub>2</sub> , Argônio + CO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	Automática / Mecanizada ou semi-automática. O arame é sólido	Soldagem de aços carbono, baixa e alta liga, não ferrosos, com espessuras $\geq$ 1 mm. Soldagem de tubos, chapas, etc. Qualquer posição
Soldagem TIG	Arco Elétrico	Contínua ou Alternada. Eletrodo -	Argônio, Hélio ou mistura destes	Manual ou Automática. Eletrodo não consumível de tungstênio. O arame é adicionado separadamente	Soldagem de todos os metais, exceto Zn, Be e suas ligas, espessuras de 1 a 6 mm. Soldagem de não ferrosos e aços inox. Passes de raiz de soldas em tubulações
Soldagem a gás	Chama oxiacetilênica		Gás (CO, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> )	Manual. Arame adicionado separadamente	Soldagem manual de aço carbono, Cu, Al, Zn, Pb e bronze. Soldagem de chapas finas e tubos de pequeno diâmetro

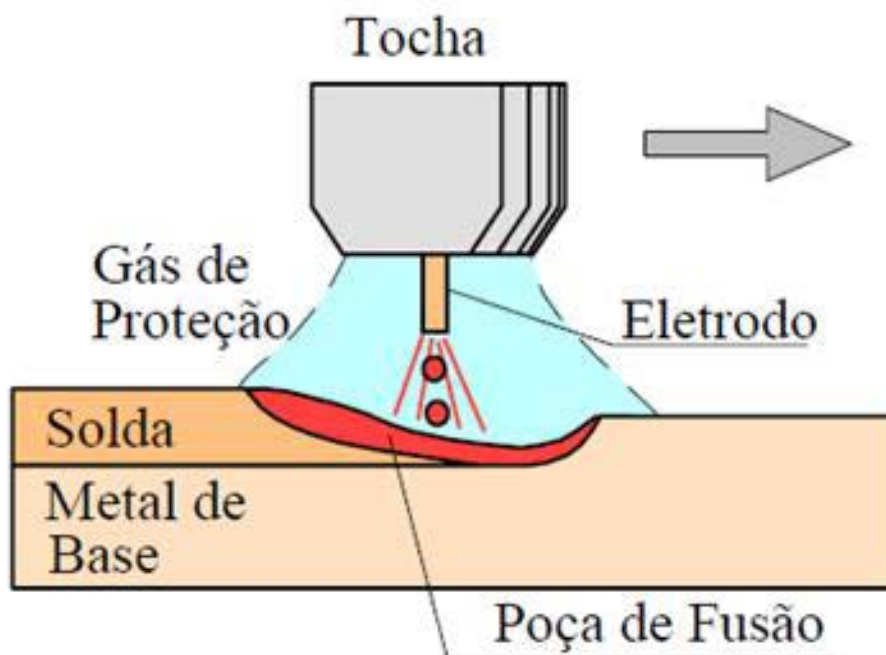
Fonte: (MODENESE, 2000)

### 2.3.2 PROCESSO DE SOLDAGEM GMAW

Este processo de soldagem tem como característica principal a utilização de um arco de soldagem que produz a união das peças a serem soldadas pelo aquecimento com um arco elétrico entre o metal adicional chamado de consumível e a peça. A figura 6 mostra esquematicamente o processo de soldagem GMAW:



Figura 6: Processo de soldagem GMAW



Fonte: (MODENESE, 2000)

Neste processo de soldagem podemos utilizar como gás de proteção o hélio e o argônio, porém em processos de solda em aço carbono encontramos uma mistura dos gases argônio, oxigênio e gás carbônico. O argônio e o hélio são considerados gases inertes e por isso o processo de soldagem com a utilização destes gases é chamado de MIG (*metal inert gas*), o processo de mistura de gases é chamado de (*metal active gás*).

Este processo de soldagem possui uma particularidade; ele trabalha com arame contínuo e por isso é utilizado em indústrias mecanizadas. Sendo um processo mecanizado, a solda obtida tem elevada deposição de material. Este processo vem substituindo o processo de soldagem por eletrodo revestido. Segue abaixo a tabela 2 com as características fundamentais deste processo de soldagem, evidenciando as vantagens e aplicações deste processo.

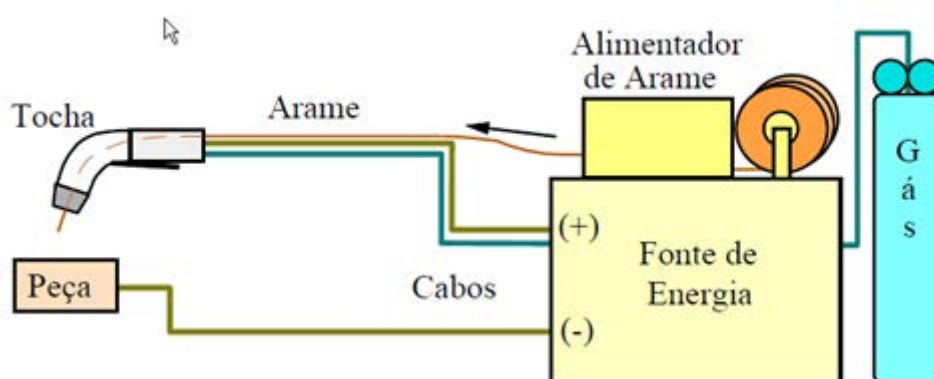
Tabela 2 - Vantagens, limitações e aplicações do processo GMAW

Vantagens e limitações	Aplicações
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processo com eletrodo contínuo.</li> <li>• Permite soldagem em qualquer posição.</li> <li>• Elevada taxa de deposição de metal.</li> <li>• Elevada penetração.</li> <li>• Pode soldar diferentes ligas metálicas.</li> <li>• Exige pouca limpeza após soldagem.</li> <li>• Equipamento relativamente caro e complexo.</li> <li>• Pode apresentar dificuldade para soldar juntas de acesso restrito.</li> <li>• Proteção do arco é sensível a correntes de ar.</li> <li>• Pode gerar elevada quantidade de respingos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soldagem de ligas ferrosas e não ferrosas.</li> <li>• Soldagem de carrocerias e estruturas de veículos.</li> <li>• Soldagem de tubulações, etc.</li> </ul>

Fonte: (MODENESE, 2000)

Para este processo de soldagem o equipamento utilizado, conforme figura 7, é composto por um alimentador de consumível, uma fonte direta de energia, tocha e a fonte de gás. Os valores de tensão aplicados na fonte de energia podem variar de 10 a 50V, e a característica principal deste processo é que a velocidade do alimentador de consumível varia de 1 a 18m/min. A função principal da tocha é fornecer a corrente elétrica ao arame de solda, e permite a passagem do gás por orifícios.

Figura 7: Equipamentos da solda GMAW



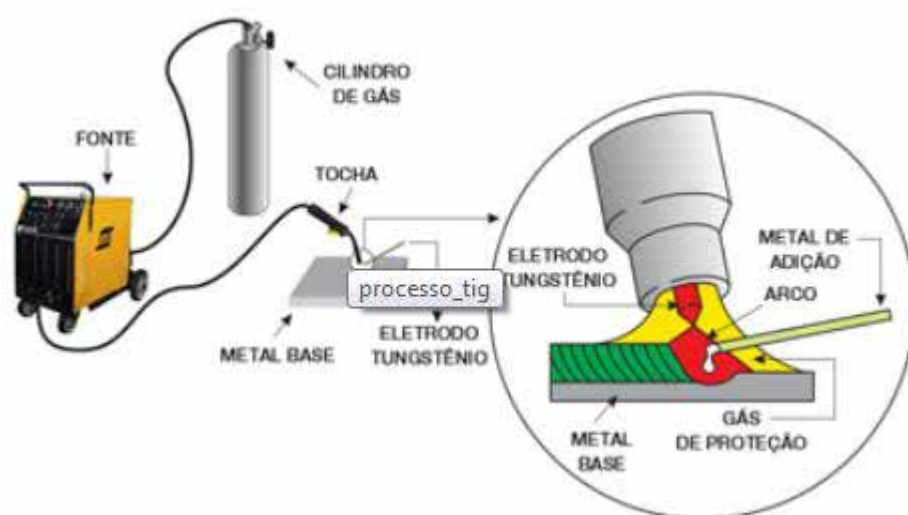
Fonte: (MODENESE, 2000)

Neste processo de soldagem, o que determina as características finais da junta soldada é a forma que o metal de adição junto ao gás de proteção se transfere na poça de fusão. Apesar do processo de soldagem Gmaw possuir uma proteção rica em argônio, exige-se uma elevada corrente para o seu funcionamento e com isso mostra sua limitação para soldas em ambientes não planos, por gerar uma poça de fusão grande e com elevada penetração.

### 2.3.3 PROCESSO DE SOLDAGEM TIG

A soldagem a Arco Gás Tungstênio (Gas Tungsten Arc Welding – GTAW) ou, como é mais conhecida no Brasil (Tungsten Inert Gas – TIG) é um processo no qual a união é obtida pelo aquecimento dos materiais por um arco estabelecido por um eletrodo não consumível de tungstênio e uma peça. A proteção do eletrodo e da solda é feita por um gás inerte, normalmente por um gás inerte ou pela mistura de gases inertes (Ar e He). Metal de adição pode ser utilizado ou não. (Introdução aos Processos de Soldagem, UFMG). A figura 8 mostra o esquema da solda TIG e a tabela 3 mostra algumas variações deste processo.

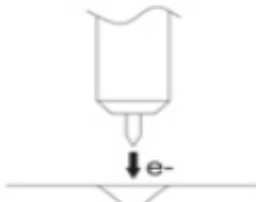
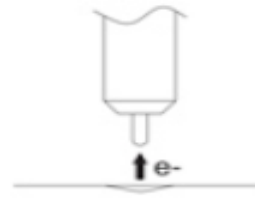
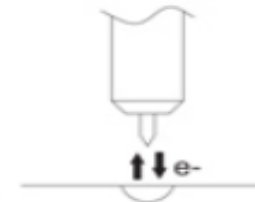
Figura 8: Esquema do processo TIG



Fonte: (ESAB,2000)

Tabela 3 - Tipos de processo de soldagem TIG

## TIPOS DE PROCESSO

TIPO DE CORRENTE	CONTÍNUA	ALTERNADA	
Características	Direta CC-	Inversa CC+	CA
Objetivo	Penetração profunda e preservação do tungstênio	Penetração "rasa" e efeito limpeza de óxido superficial	Preservação do W e efeito limpeza a cada meio ciclo
Aplicação	Aços carbono, baixa/alta liga, inoxidáveis, prata e cobre e ligas, revestimentos	Viável para soldagem de pequenas espessuras	Alumínio, magnésio e suas ligas
Eletrodo de W: capacidade de suportar corrente sem fundir	Ótima, pode-se usar altos valores de corrente	Pobre, somente para baixos valores de corrente	Boa, pode-se usar valores intermediários de corrente
Ação de limpeza do óxido na soldagem de Al e Mg e suas ligas	Não	Sim	Sim, a cada meio ciclo
Balanco de calor no arco (aprox.)	70% na peça, 30% no eletrodo	30% na peça, 70% no eletrodo	50% na peça, 50% no eletrodo
Fluxo de elétrons - Penetração			

Fonte. (ESAB,2000)

O processo de soldagem TIG tem como vantagem, além de obter uma solda limpa e sem escórias, um acabamento muito bom garantindo ótimas propriedades mecânicas para o material soldado, permite ao soldador um elevado controle da poça de fusão, este controle é de fato permitido em função da baixa deposição do consumível gerando a limitação de ser um processo lento.

### 2.3.5 PROCESSO DE SOLDAGEM SMAW

É um processo de soldagem que consiste em um eletrodo com revestimento que pode ou não conter elementos de liga. O revestimento do eletrodo tem como finalidade proteger a poça de fusão da atmosfera, controlar a temperatura de resfriamento, retirar e armazenar impurezas do metal base na escória.

O processo SMAW, também conhecido como eletrodo revestido, é processo de soldagem de muita simplicidade em relação a outros processos, o equipamento de soldagem é de custo baixo, não exige alta habilidade manual, se comparado ao GTAW e fornece soldas de alta resistência, por esses motivos é o mais utilizado em diversas áreas.

### 2.3.6 VARIÁVEIS DO PROCESSO

O processo de soldagem devem ter sua variáveis especificadas de acordo com a EPS (Especificação do Procedimento de Soldagem), que é definido por um profissional da área, como por exemplo um inspetor de soldagem Nível 2, certificado pela FBTS.

As variáveis podem mudar de acordo como processo, porém serão mostradas abaixo algumas variáveis, como corrente do arco, velocidade de soldagem, comprimento do arco e proteção da poça de fusão. É importante salientar que as variáveis estão interligadas, interferindo diretamente entre si e que o operador deve ter a sensibilidade de controlar essas variáveis.

A corrente do arco está diretamente ligada com a penetração na solda, quanto maior a corrente maior a penetração. Uma maior a corrente exige maior velocidade de soldagem, assim como o aporte de calor é maior, gerando uma maior ZTA. O comprimento do arco também está diretamente ligado a corrente, tendo um efeito diretamente proporcional. Com corrente e velocidade de soldagem alta, a possibilidade de descontinuidades como mordeduras, respingo, porosidade e excesso de penetração. (PROCESSOS DE SOLDAGEM TIG, UFMG)

#### 2.3.6.1 PRÉ-AQUECIMENTO

O pré-aquecimento é um aquecimento, pode ser ou não considerado um tratamento térmico, calculado de acordo com a espessura e composição química do material, que antecede a soldagem com a finalidade de diminuir tensões residuais na ZTA e retirar umidade do metal base. Em empresas que trabalham com documentos de soldagem de acordo com as normas, o pré-aquecimento será encontrado na EPS.

Os metais em sua maioria são bons condutores de calor. Consequentemente o calor na região de soldagem é rapidamente escoado por toda a massa envolvida no processo, acarretando um resfriamento relativamente rápido. Em alguns metais esse resfriamento

rápido pode contribuir para a formação de microestruturas prejudiciais na região de soldagem. O pré-aquecimento da junta a ser soldada é uma maneira de reduzir a taxa de resfriamento do metal. A temperatura de pré-aquecimento pode variar de 50°C a 540°C, sendo mais comumente aplicada na faixa de 150°C a 200°C. (ESAB, METALURGIA DA SOLDAGEM)

Se esses tratamentos térmicos devem ou não ser aplicados depende do teor de carbono e de outros elementos de liga no metal sendo soldado. Se corpos de prova soldados sem tratamento térmico apresentarem baixa ductilidade ou dureza muito alta, é indicativo da necessidade de pré-aquecimento ou pós-aquecimento. Além da composição química, a rigidez da junta a ser soldada e o processo de soldagem também influenciam a necessidade de se realizar um pré-aquecimento. (ESAB, METALURGIA DA SOLDAGEM)

### 2.3.7 DESCONTINUIDADE DA SOLDA

O termo descontinuidade de solda surge quando ocorre um desgaste ou interferência nas condições estruturais na região soldada, destacando a falta de uma homogeneidade das propriedades mecânicas, físicas e metalúrgicas. As descontinuidades podem ser consideradas defeitos de soldagem, e estes defeitos surgem de acordo com as especificações recomendadas.

Deste modo, o conhecimento dos tipos de descontinuidade, relacionadas à operação de soldagem e seus mecanismos de formação e controle, representará a diferença entre a operação esperada do componente ou a sua indesejada falha. A presença de descontinuidades exige a aplicação de medidas corretivas que acarretam uma elevação no tempo e no final valor do equipamento fabricado além, logicamente, da insatisfação do cliente (RODRIGUES BARRA, 1999).

Os defeitos encontrados nas soldas em aço carbono são variáveis, e os principais são: trincas, porosidade, falta de penetração de solda, excesso de solda e variações no tamanho e aspecto da solda.

### 2.3.7.1 FALTA DE PENETRAÇÃO

Este defeito é muito importante de ser estudado em função de tornar a área soldada um ponto concentrador de tensão, aspecto este que pode gerar uma falha muito maior com o decorrer do tempo.

Esta falha se caracteriza na falta de penetração da raiz de solda no metal base, conforme figura 9, em casos de solda em chanfros esta descontinuidade ocorre quando a corrente utilizada é baixa, a preparação da peça é inadequada ou quando a velocidade de soldagem é alta em relação a corrente empregada.

Figura 9: Ilustração da falta de penetração



Fonte: (MARANHO, 2013)

### 2.3.7.2 MORDEDURA

Este defeito tem como característica fundamental a formação de sulcos em todo o contorno do metal base, conforme figura 10, neste caso uma área maior do que a área do cordão de solda é fundida e com isso semelhante a falta de penetração causa um ponto forte concentrador de tensão.

Esta descontinuidade é causada com o mal uso da tocha, uso de corrente muito alta ou muito baixa em relação a espessura do metal.

Figura 10: Ilustração da mordedura

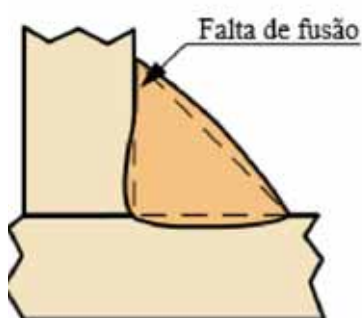


Fonte: (MARANHO, 2013)

### 2.3.7.3 FALTA DE FUSÃO

A falta de fusão ocorre quando o metal base não consegue fundir com o metal de solda, conforme figura 11, este processo ocorre quando a corrente é insuficiente e principalmente quando a superfície a ser soldada não é preparada corretamente, ou seja, é necessário remover toda a camada de óxido existente na superfície a ser soldada, e quando isso não é feito corretamente o metal base não funde junto ao metal da solda.

Figura 11: Ilustração da Falta de Fusão



Fonte: (MARANHO, 2013)

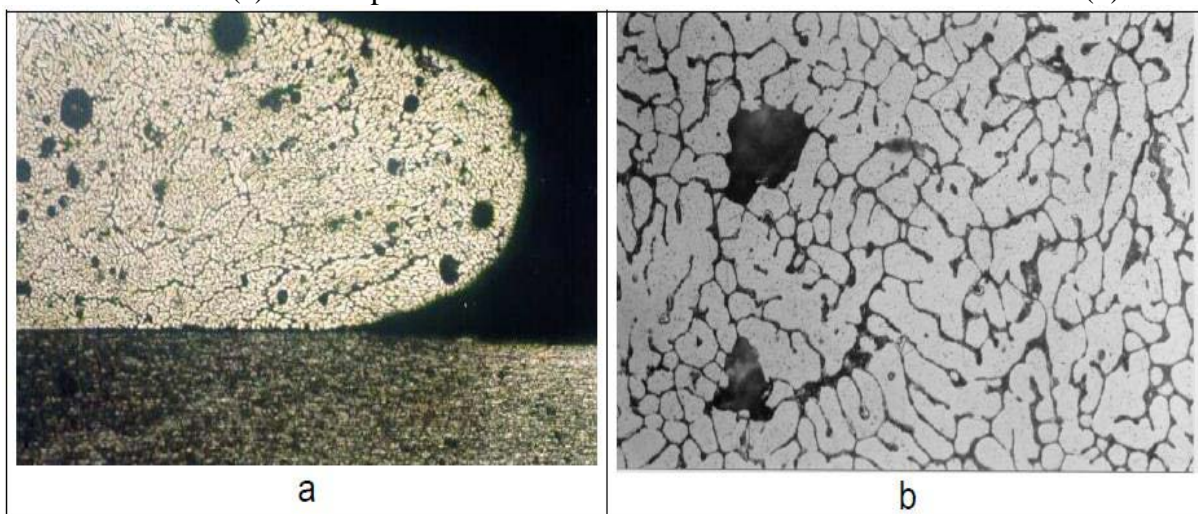
### 2.3.7.4 POROSIDADE

A porosidade nada mais é do que o aparecimento de bolhas de hidrogênio, ou lacunas no cordão de solda, as figuras 12 e 13 mostram diferentes formas de poros, em pequenas quantidades este fator não influencia negativamente a junta soldada, porém em grandes quantidades, a resistência e a ductilidade da junta são fortemente prejudicadas. Uma forma de diminuir a incidência de poros na solda é a utilização de uma corrente alta de soldagem, o surgimento do poro se dá quando a velocidade de solidificação da solda é inferior à velocidade de separação dos gases e vapores intrínsecos à poça de soldagem, este processo pode ser facilmente evitado quando a soldagem for de forma lenta e gradual.

Os gases que causam porosidade são o hidrogênio, nitrogênio e dióxido de carbono. O hidrogênio tem origem na umidade presente no consumível ou no metal de base. Para o nitrogênio a origem vem da captação do ar vizinho ao arco voltaico. No caso do dióxido de carbono a origem está na combinação de O<sub>2</sub> e metal de base em aço não acalmado (RODRIGUES BARRA, 1999).

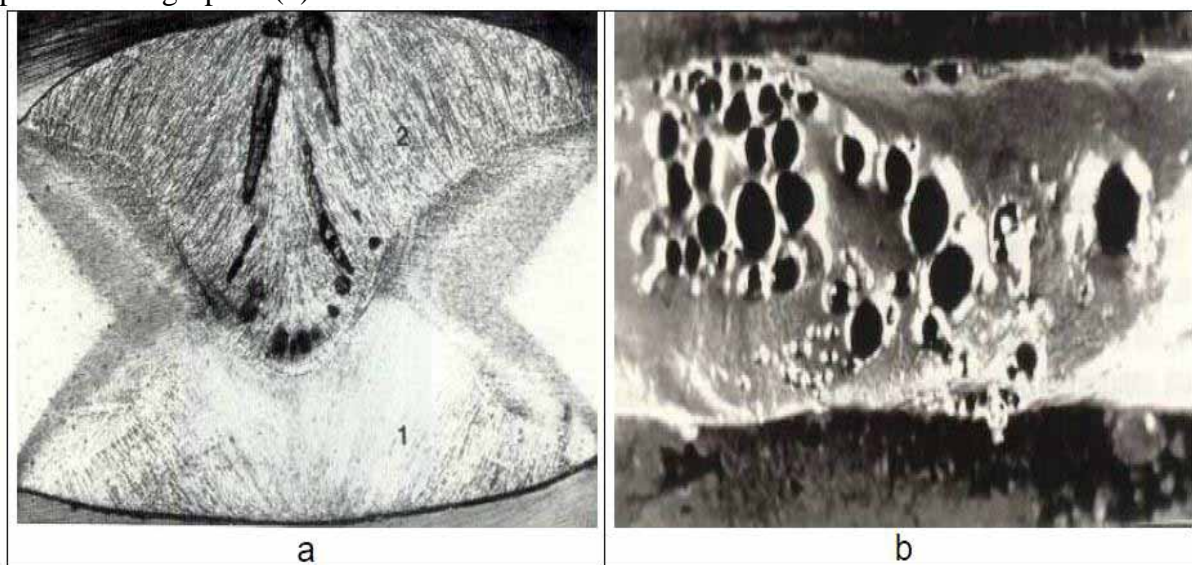


Figura 12: Macrografia mostrando a presença de porosidade na forma esférica num cordão de solda em AISi (a) e microporosidade entre os ramos dendríticos no mesmo cordão (b).



Fonte: (RODRIGUES BARRA, 1999)

Figura 13: Porosidade vermicular com direção e crescimento da raiz para o reforço (a) e porosidade agrupada (b).



Fonte: (RODRIGUES BARRA, 1999)

## 2.4 AÇO INOX

Aço inoxidável é o nome dado à família de aços resistentes à corrosão e ao calor contendo no mínimo 10,5% de cromo. Enquanto há uma variedade de aços carbono estrutural e de engenharia atendendo a diferentes requisitos de resistência mecânica, soldabilidade e tenacidade, há também uma grande variedade de aços inoxidáveis com níveis progressivamente maiores de resistência à corrosão e resistência mecânica. Isso é

resultado da adição controlada de elementos de liga, cada um deles originando atributos específicos com relação a resistência mecânica e possibilidade de resistir a diferentes meios ambientes.

Os tipos de aço inoxidável podem ser classificados em cinco famílias básicas: ferrítico, martensítico, austenítico, dúplex e endurecível por precipitação

#### 2.4.1 FERRITICOS

Os aços inoxidáveis ferríticos tem uma estrutura cristalina cubico de corpo centrado, que é o mesmo do ferro puro a temperatura ambiente. O principal elemento de liga é o cromo com teores tipicamente entre 11 e 17%. O teor de carbono é mantido baixo o que resulta nestes aços uma limitada resistência mecânica. Não são endurecíveis pelo tratamento térmico e no estado recozido o limite de escoamento é de 275 a 350 MPa.

Os aços ferríticos são do tipo de baixo custo mas tem limitada resistência à corrosão comparado com os austeníticos mais comuns. Da mesma forma são limitados na tenacidade, conformabilidade e soldabilidade em comparação aos austeníticos.

As dimensões de fornecimento (ou seja espessura) são restritas devida a baixa tenacidade. São entretanto do grupo ferro magnético “mole” e tem assim algumas utilizações especiais, como por exemplo núcleo de válvulas solenoides.

Exemplos de aços ferríticos são 3 Cr 12 (1.4003) e 430 (1.4016)

#### 2.4.2 MARTENSITICOS

Os aços inoxidáveis martensíticos são similares aos aços carbono e de baixa liga. Eles têm uma estrutura similar aos ferríticos com estrutura cristalina “tetragonal de corpo centrado”. Devido a adição de carbono, podem ser endurecidos e a resistência aumentada pelo tratamento térmico, da mesma forma que os aços carbono. São classificados como uma família ferro magnético “duro”. O principal elemento de liga é o cromo, com um teor típico de 12 – 15%. Na condição recozida, apresentam limite de escoamento com cerca de 275 MPa e então são normalmente usinados, conformado ou trabalhado a frio nessa condição. A resistência mecânica obtida pelo tratamento térmico depende do teor de carbono da liga. Aumentando o teor de carbono aumenta o potencial da resistência e dureza

mas diminui a ductilidade e tenacidade. Os aços com teores de carbono mais elevados são capazes de serem tratados na dureza de 60 HRC.

A melhor resistência a corrosão é obtida no tratamento térmico, ou seja, na condição temperado e revenido. Os martensíticos foram desenvolvidos com adições de nitrogênio e níquel mas com teores de carbono mais baixos que os tipos tradicionais. Estes aços têm melhor tenacidade, soldabilidade e resistência à corrosão.

Os exemplos de aços martensíticos são 420 (1.4028), 431 (1.4057) como tipos temperáveis com carbono normal e 248 S V (1.4418) como tipo de aço com baixo teor de carbono e mais o nitrogênio.

### 2.4.3 AUSTENITICO

Os aços inoxidáveis austeníticos são os maiores, em termos de número de ligas e de utilização. Como os ferríticos, os austeníticos não podem ser endurecidos por tratamento térmico, tendo o nível de teor de carbono restrito, mas as adições principalmente de níquel mudam a estrutura em temperatura ambiente para arranjo atômico cúbico de face centrado que é também não magnético (ou seja, tem uma baixa permeabilidade magnética). Dependendo do teor de níquel os aços austeníticos respondem a trabalho a frio com aumento da resistência mecânica, podendo ser utilizado em operações severas de conformação, evitando ruptura prematura e trinca. O endurecimento por encruamento é acompanhado pelas mudanças parciais na estrutura, com a conformação de uma fase de martensita ferro magnética, o que explica porque com a deformação a frio pode ocorrer os aços austeníticos “magnéticos”

Os aços mais usados, tipo 304 (1.4301) tem 17% de cromo e 8% de níquel com excelente ductilidade, conformabilidade e tenacidade e até em temperaturas criogênicas.

O molibdênio é adicionado em alguns dos aços austeníticos para aumentar sua resistência aos mecanismos de corrosão localizados tais como corrosão galvânica e por pite ou alveolar.

Exemplos de aços austeníticos são 304/S30400 (1.4301), 304 L/ S30403 (1.4306), 316/S31600 (1.4401) e 316 L/ S31603 (1.4404).

#### 2.4.4 DUPLEX

Os aços inoxidáveis dúplex têm uma estrutura mista de austenita e ferrita e como resultado tem características desses tipos básicos. Uma composição química típica tem 22% de cromo, 5% de níquel e 3% molibdênio com pequena adição de nitrogênio.

Os aços dúplex são endurecíveis por tratamento térmico mas são mais duros que os aços ferrítico e austenítico na condição recozida mole e tem limite de escoamento médio em torno de 450 MPa. Como os aços ferrítico são ferro magnéticos, mas tem uma boa conformabilidade e soldabilidade dos aços austeníticos. (Entretanto são necessários maiores esforços na conformação devido a sua maior resistência). Estes aços podem ser utilizados em projeto com secções mais finas que os aços austeníticos mas sua grande vantagem é sua maior resistência a corrosão sob tensão. O molibdênio é normalmente adicionado para aumentar a resistência a corrosão galvânica e por pite.

Exemplos de aços dúplex: 2205 (1.4462) e 1.4501

#### 2.4.5 ENDURECIVEIS POR PRECIPITAÇÃO

Os aços inoxidáveis endurecíveis por precipitação (PH) são endurecíveis por tratamento de envelhecimento e assim tem algumas similaridades com os aços martensíticos, entretanto o processo metalúrgico para endurecimento é diferente.

Estes aços são capazes de atingir a resistência a tração até 1700 MPa. Normalmente tem estrutura martensítica e assim são ferro magnéticos. Os aços endurecíveis por precipitação (PH) tem boa ductilidade e tenacidade, dependendo do tratamento térmico. Sua resistência à corrosão é comparável ao aço austenítico 304 (1.4301). Podem ser soldados mais facilmente que os aços martensíticos comuns, estão desenvolvidos e usados de forma ampla tanto nos Estados Unidos como no Reino Unido por exemplo nas aplicações aeroespaciais.

Exemplo de aços PH são 17 – 4 PH (1.4542) e 520 B (1.4594).

#### 2.4.6 OUTRAS FAMILIAS DE AÇOS INOCIDAVEIS

Há uma ampla faixa de aços inoxidáveis. Aços especiais com composições químicas melhoradas têm sido desenvolvidos, são disponíveis e minimizam a falha de um

determinado aço. Estes incluem: super ferríticos, super austeníticos, super dúplex, martensíticos soldáveis de baixo carbono, aços austeníticos endurecíveis por precipitação.

## 2.5 AÇO CARBONO

O aço é um produto siderúrgico definido como liga metálica composta principalmente de ferro e pequenas quantidades de carbono. Aços carbono são ligas de ferro e carbono (até 2%C) contendo ainda, como residuais (de matérias primas ou do processo de fabricação), outros elementos como Mn, Si, S e P. O processo siderúrgico pode ser dividido em 4 grandes partes:

- a) Preparo das Matérias-Primas (Coqueira e Sintetização)
- b) Produção de Gusa (Alto-forno)
- c) Produção de Aço (Aciaria)
- d) Conformação Mecânica (Laminação)

Trata-se de uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono, com percentagens deste último variando entre 0,008 e 2,11%. Distingue-se do ferro fundido, que também é uma liga de ferro e carbono, mas com teor de carbono entre 2,11% e 6,67%.

O carbono é um material muito usado nas ligas de ferro, porém varia com o uso de outros elementos como: magnésio, cromo, vanádio e tungstênio.<sup>1</sup> O carbono e outros elementos químicos agem com o agente de resistência, prevenindo o deslocamento em que um átomo de ferro em uma estrutura cristalina para passa para outro.

A diferença fundamental entre ambos é que o aço, pela sua ductibilidade, é facilmente deformável por forja, laminação e extrusão, enquanto que uma peça em ferro fundido é muito frágil. O aço pode ser classificado pela quantidade de carbono em porcentagem, composição química, quanto à constituição microestrutura e quanto à sua aplicação. A classificação mais comum é de acordo com a composição química, dentre os sistemas de classificação química o SAE é o mais utilizado, e adota a notação ABXX, em que AB se refere a elementos de liga adicionados intencionalmente, e XX ao percentual em peso de carbono multiplicado por cem.

Além dos componentes principais indicados, o aço incorpora outros elementos químicos, alguns prejudiciais, provenientes da sucata, do mineral ou do combustível empregue no processo de fabricação, como o enxofre e o fósforo.

Outros são adicionados intencionalmente para melhorar algumas características do aço para aumentar a sua resistência, ductibilidade, dureza ou outra, ou para facilitar algum processo de fabrico, como usinabilidade, é o caso de elementos de liga como o níquel, o cromo, o molibdênio e outros.

No aço comum o teor de impurezas (elementos além do ferro e do carbono) estará sempre abaixo dos 2%. Acima dos 2 até 5% de outros elementos já pode considerado aço de baixa-liga, acima de 5% é considerado de alta-liga. O enxofre e o fósforo são elementos prejudiciais ao aço pois acabam por intervir nas suas propriedades físicas, deixando-o quebradiço.

Dependendo das exigências cobradas, o controle sobre as impurezas pode ser menos rigoroso ou então podem pedir o uso de um anti-sulfurante como o magnésio e outros elementos de liga benéficos. Existe uma classe de aços carbono, conhecida como aços de fácil usinabilidade, que contém teores mínimos de fósforo e enxofre. Estes dois elementos proporcionam um melhor corte das ferramentas de usinagem, promovendo a quebra do cavaco e evitando a aderência do mesmo na ferramenta. Estes aços são utilizados quando as propriedades de usinabilidade são prioritárias, em relação as propriedades mecânicas e microestruturais, (peças de baixa importância).

O aço é atualmente a mais importante liga metálica, sendo empregue de forma intensiva em numerosas aplicações tais como máquinas, ferramentas, em construção, etc. Entretanto, a sua utilização está condicionada a determinadas aplicações devido a vantagens técnicas que oferecem outros materiais como o alumínio no transporte por sua maior leveza e na construção por sua maior resistência a corrosão, o cimento (mesmo combinado com o aço) pela sua maior resistência ao fogo e a cerâmica em aplicações que necessitem de elevadas temperaturas.

As propriedades do aço podem variar de acordo com sua composição química e teor de carbono, garantido uma grande diversidade de aplicações práticas. O aço apresenta um comportamento dúctil com regimes de deformação elástica e plástica. Até certo nível de tensão aplicada, o material trabalha no regime elástico-linear, onde a constante de

proporcionalidade é denominada módulo de deformação longitudinal ou módulo de elasticidade. Ultrapassado o limite de proporcionalidade, tem lugar a fase plástica, na qual ocorrem deformações crescentes sem variação de tensão (patamar de escoamento). O valor constante dessa tensão é a mais importante característica dos aços estruturais e é denominada resistência ao escoamento. O valor máximo da tensão antes da ruptura (ponto mais alto do diagrama tensão x deformação) é denominado resistência à ruptura do material.

Os diversos tipos de aço são classificados e denominados por normas nacionais (NBR) e internacionais (ASTM) de acordo com sua aplicação e propriedades mecânicas (principalmente a resistência ao escoamento e resistência à ruptura, no caso de aços estruturais). Com isso o ferro (ou Aço) se torna mais forte.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 CORPOS DE PROVA

Para o desenvolvimento deste trabalho foram criados 10 corpos de prova, com base na norma NBR 6152, com dimensões especificadas no anexo A da mesma.

*“O corpo de prova, mediante acordo, pode também, consistir de uma tira com lados paralelos. Para produtos de largura igual ou menor que 20 mm, a largura do corpo de prova pode ser a mesma do produto.” (Pág. 19, NBR6152)*

Dessa forma, foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 200mm x 20mm x 2mm.

Soldado conforme EPS MONT.001

Processo: GTAW-TIG

Amperagem (A) 50-70

Voltagem (V) 20-25

Velocidade 14 cm/min

Sem Pré-Aquecimento

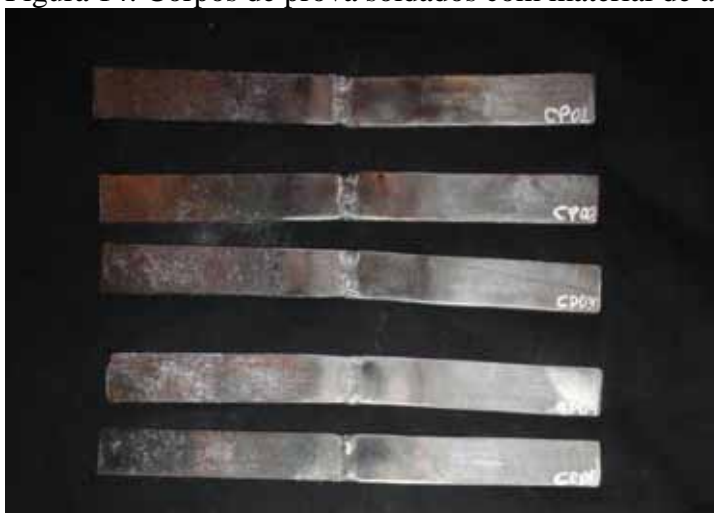
Primeiramente foram cortadas 10 partes em aço carbono SAE J403 1020 com dimensões 100mm x 20mm x 2mm utilizando processo a laser. Posteriormente, com auxílio de lixadeira e utilizando um disco de corte para o processo de corte, foram cortadas 10 partes de aço inox austenítico AISI 304 com dimensões de 100mm x 20mm x 2mm, em seguida com a utilização do disco de desbaste na mesma lixadeira foi preparada a superfície a ser soldada, o que vulgarmente chamamos de bixel, posteriormente com o auxílio da retífica, a superfície foi polida e todo e qualquer óxido que possa ter restado na superfície de soldagem foi retirado.



Após a preparação das partes a serem soldadas foi feito a adequação do material de adição de aço carbono utilizado no processo de soldagem pois, tratava-se de um AWS M-E7018, onde foi retirado todo o revestimento para posterior utilização.

Por fim, foi feita solda dissimilar, conforme parâmetros já especificados, entre as peças de aço carbono e as peças de aço inox. Onde, cinco dos corpos de prova tiveram como metal de adição o eletrodo adequado ao procedimento, corpos de prova de 6 a 10 conforme figura 15, e cinco foram soldados utilizando como metal de adição o material AISI ER309, corpos de prova de 1 a 5 conforme figura 14.

Figura 14: Corpos de prova soldados com material de adição de aço inox



Fonte: (AUTOR, 2015)

Figura 15: Corpos de prova soldados com material de adição de aço carbono



Fonte: (AUTOR, 2015)

## 3.2 ENSAIOS

### 3.2.1 ENSAIO DE LIQUIDO PENETRANTE

Para avaliação do material estudado perante o ensaio de líquido penetrante, foram encaminhados todos os corpos de prova para um supervisor de solda qualificado, atualmente empedado na empresa Monte Vale – Montagens Industriais, onde foram submetidos a análise técnica qualificada.

Primeiramente as juntas soldadas foram limpas com água potável, e foi aplicado o solvente para remoção de graxas, tintas e impurezas em geral. Após a secagem, foi aplicado o spray de penetração da superfície, e após dez minutos, o Metal-check para a visualização da descontinuidade.

### 3.2.2 ANÁLISE METALOGRAFICA

Metalografia é uma ferramenta excepcional para a metalurgia e é muito usada em trabalhos de pesquisa. Este ensaio visa à obtenção de uma imagem ampliada da estrutura do material, mostrando com muita precisão os detalhes do cordão de solda, o metal base, contornos de grão do material e a zona termicamente afetada.

Para a obtenção de uma imagem satisfatória primeiramente precisamos obter um corpo de prova com dimensões adequadas, com o auxílio da serra de fita da oficina mecânica da universidade cortamos os corpos de prova 1 e 6 em tamanhos menores de forma a adequar às próximas etapas do ensaio.

Primeiramente foram feitos cortes simétricos, paralelos a linha de centro da solda, distantes de 10mm do meio do cordão de solda, propiciando assim um corpo quadrado com laterais de 20mm, por fim, este foi seccionado ao meio em uma linha perpendicular ao cordão de solda, conforme figura 16:

Figura 16: Corpos de prova após corte da serra fita



Fonte: (AUTOR, 2015)

Após adequação dimensional do material a ser analisado, os metais foram embutidos em braquelite, assim os CP puderam receber tratamento adequado, foram lixados e polidos, para posterior ataque com nital 10%.

Figura 17: Corpos de prova após embutimento e lixamento.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Após ataque com nital as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Imagens de Materiais (LAIMAT) do Departamento de Materiais e Tecnologia – FEG/UNESP, com a utilização do microscópio EIPHOT 1000 ministrou-se a análise

### 3.2.3 ENSAIO DE DUREZA

Os ensaios de dureza para este trabalho foram realizados nos mesmo corpos de prova utilizados na análise metalografica no Laboratório de Ensaios Mecânicos no Departamento e Tecnologia da Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá - o foi utilizada uma máquina de análise de micro dureza, durometro WILSON modelo 401 MVD, com uma carga pré estabelecida de 100g. A carga foi aplicada durante 10s e após análise da marca imprimida pelo penetrador foram discriminadas as durezas das diferentes regiões dos corpos de prova.

### 3.2.4 ENSAIO DE TRAÇÃO

Os ensaios de tração foram realizados em oito corpos de prova, sendo quatro soldados com aço inox e quatro soldados com aço carbono, no Laboratório de Ensaios Mecânicos no Departamento e Tecnologia da Faculdade de Engenharia – Campus de Guaratinguetá - o equipamento utilizado foi uma máquina de tração SHIMADZU, equipada com uma célula de carga para 50 KN. A velocidade de deslocamento do cabeçote foi de 1,0 mm/min.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise dos ensaios realizados nos corpos de prova e dos resultados propriamente ditos, alguns fatores importantes foram detectados. Estes fatores serão listados a seguir, visando à obtenção do melhor cenário para a aplicação do material de adição adequado.

### 4.1 ANÁLISE DE LIQUIDO PENETRANTE

Dentre o conjunto de corpos de prova soldados com metal de adição de aço inox, foram detectados poros na superfície da solda do corpo de prova 1, conforme figura 20, indicando que este corpo de prova não passou no teste de qualidade da junta. Os poros são fortes concentradores de tensão e acabam por fragilizar a peça soldada.

Dentre o conjunto de corpos de prova soldados com metal de adição de aço carbono, foram detectados poros na superfície da solda do corpo de prova 10, conforme figura 21, indicando que este corpo de prova não passou no teste de qualidade da junta.

Figura 18: LP nos CP soldados com aço inox



Fonte: (AUTOR, 2015)

Figura 19: LP nos CP soldados com aço carbono



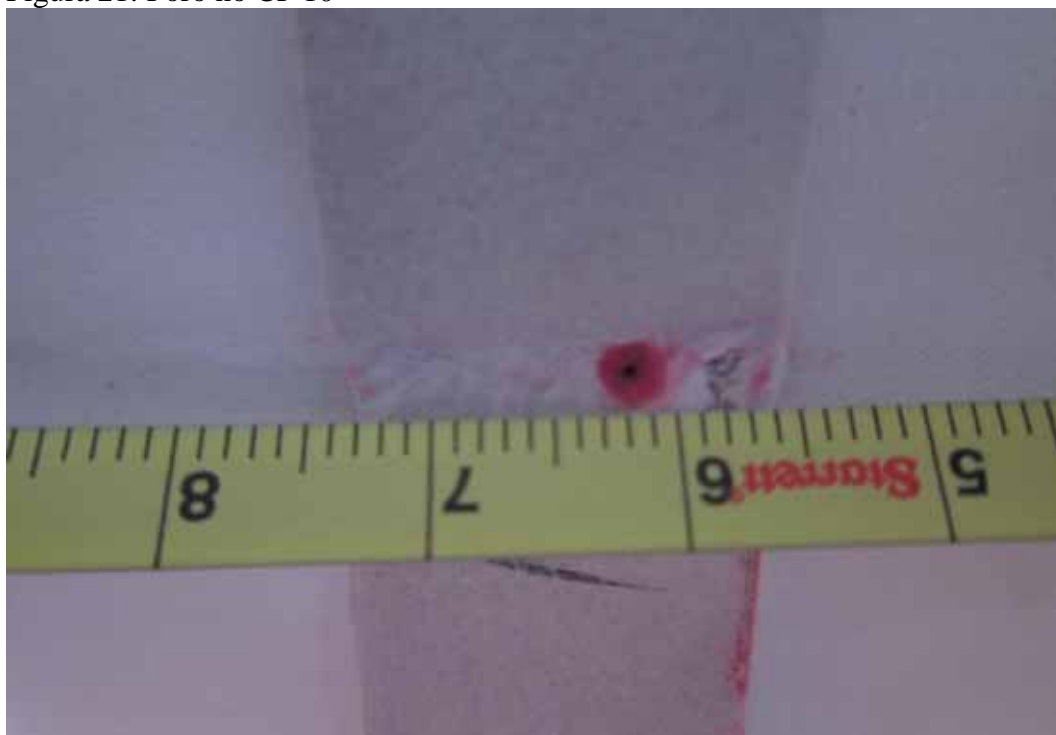
Fonte: (AUTOR, 2015)

Figura 20: Poro no CP 1



Fonte: (AUTOR, 2015)

Figura 21: Poro no CP 10



Fonte: (AUTOR, 2015)

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL

Figura 22: Macrografia CP 6, interface inox-cordão

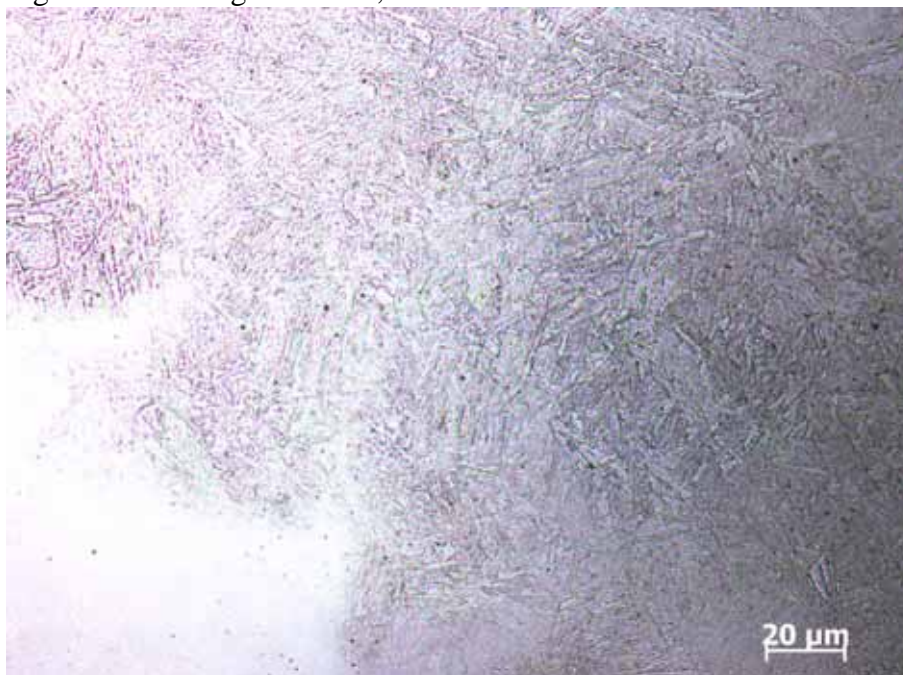


Fonte: (AUTOR, 2015)



Na figura 22 pode-se ver a microestrutura do aço carbono no metal de adição. A imagem também mostra que não houve falta de fusão, o que caracteriza uma boa junção soldada.

Figura 23: Macrografia CP 6, interface inox-cordão

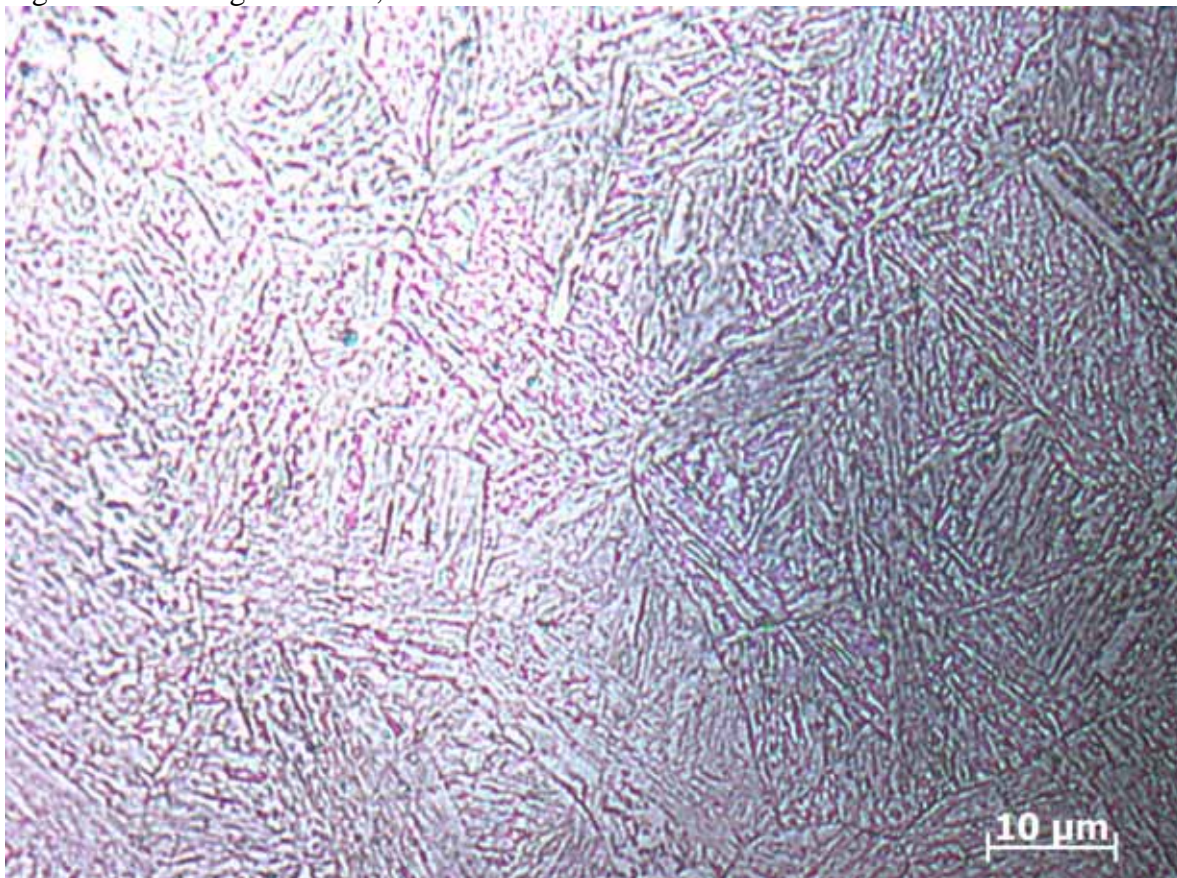


Fonte: (AUTOR, 2015)

Com uma maior ampliação da parte fundida entre o metal base de aço inox e o cordão de aço carbono, figura 23, fica fácil a visualização dos contornos de grão presentes no metal de adição. A figura acima mostra uma diferença de tonalidade nos grãos do metal de adição que pode ter sido causada por uma diluição do metal de adição de aço carbono no metal base de aço inox.



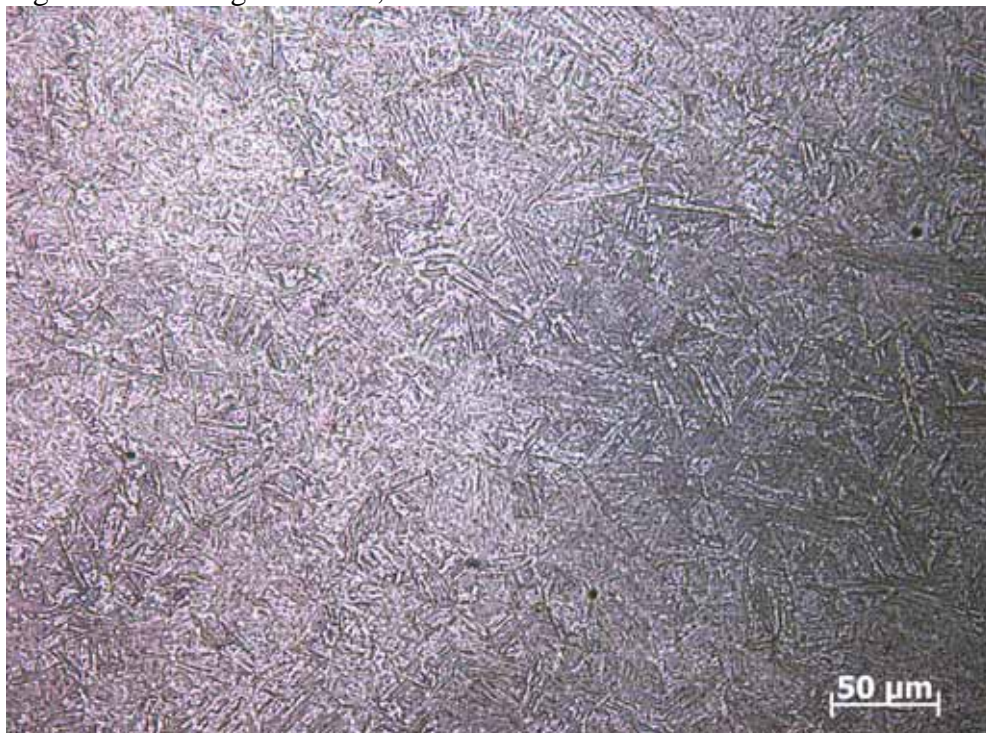
Figura 24: Macrografia CP 6, cordão.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Na figura 24, observa-se as estruturas aciculares formadas no metal de adição. Segundo Hashimoto (2010) a ferrita acicular é um desenvolvimento recente do conceito dos aços HSLA e envolve nucleação da ferrita a partir de partículas não metálicas, de forma intragranular e heterogênea. O mecanismo de transformação da ferrita acicular é semelhante à formação da bainita, diferenciando-se basicamente no local onde cada constituinte se nucleia e a aparência da microestrutura. A presença de carbonitretos precipitados e a microestrutura acicular desorganizada tende a desviar a propagação de trincas e aumentar tenacidade do material.

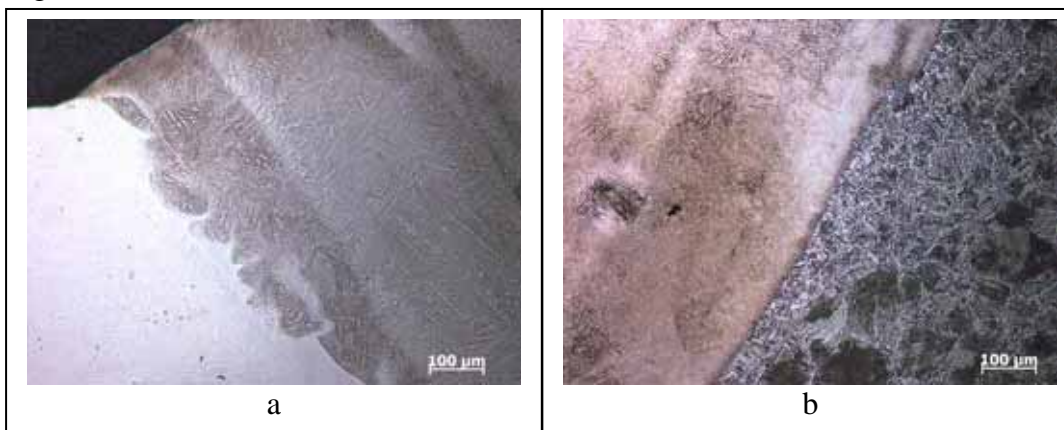
Figura 25: Macrografia CP 6, cordão.



Fonte: (AUTOR, 2015)

A figura 25 mostra a toda a continuidade da estrutura do metal de adição de aço carbono utilizado na solda, na figura também pode-se notar pontos de nucleação das estruturas aciculares

Figura 26: Interfase Inox-MA (a), Interfase Carbono-MA (b)



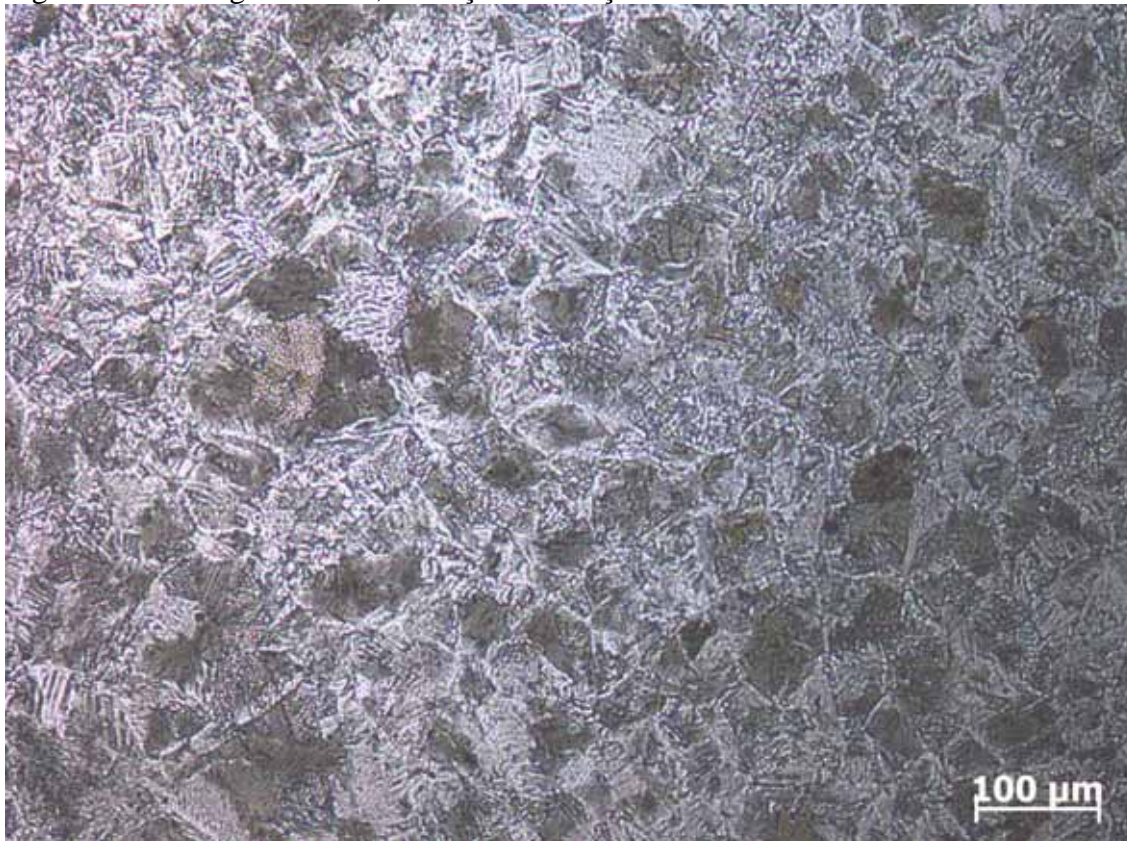
Fonte: (AUTOR, 2015)

A imagem 26 mostra um comparativo entre as interfaces MB inox / MA carbono (a) com MB carbono / MA carbono (b), neste percebe-se a diferença da influência dos efeitos



causados pela dissipação de calor oriundo do processo de soldagem. Na imagem 26b nota-se a variação no tamanho de grão dentro da zona termicamente afetada.

Figura 27: Macrografia CP 6, transição ZTA-aço carbono.

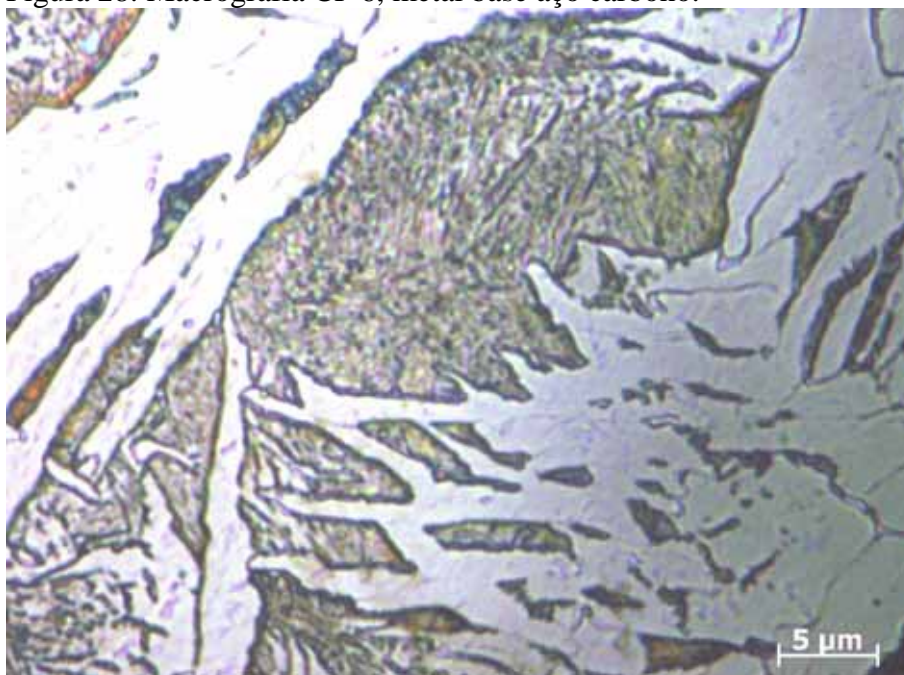


Fonte: (AUTOR, 2015)

A figura 27 ilustra estruturas presentes numa zona termicamente afetada no processo de soldagem, à esquerda tem-se o metal de adição com estruturas aciculares características de aços baixo carbono, no centro observa-se um gradiente na dimensão de grão, com grãos pequenos que aumentam de tamanho conforme se afastam do cordão de solda.

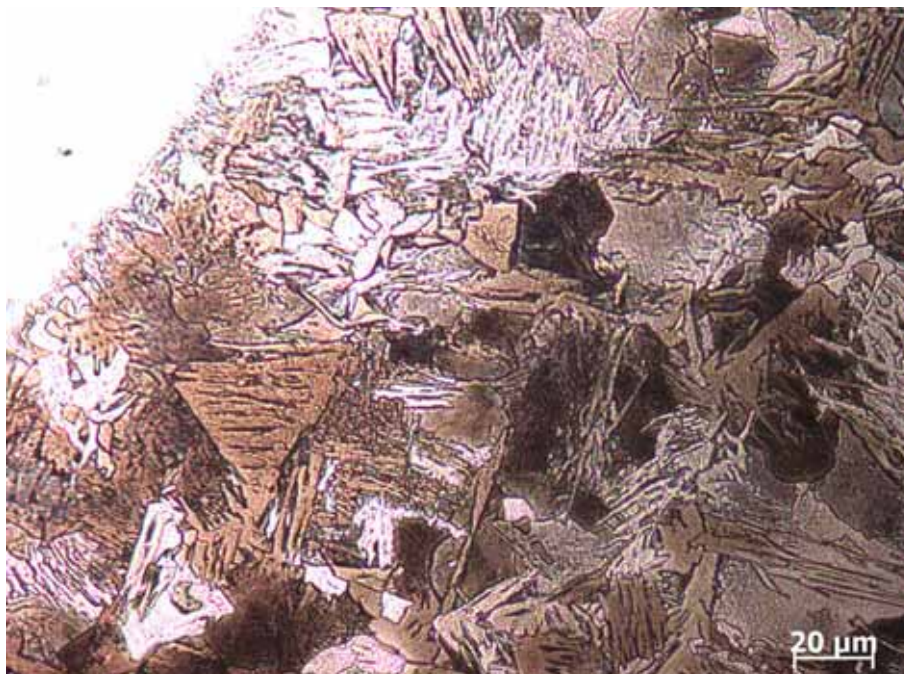
Na figura 28, pode se ver a composição do metal base de aço carbono afetado pelo processo de soldagem, com a presença de granulação grosseira, caracterizada por colônias perlíticas escuras e colônias ferríticas claras, típicas de resfriamento muito rápido.

Figura 28: Macrografia CP 6, metal base aço carbono.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Figura 29: Macrografia CP 1, interface cordão inox-aço carbono.



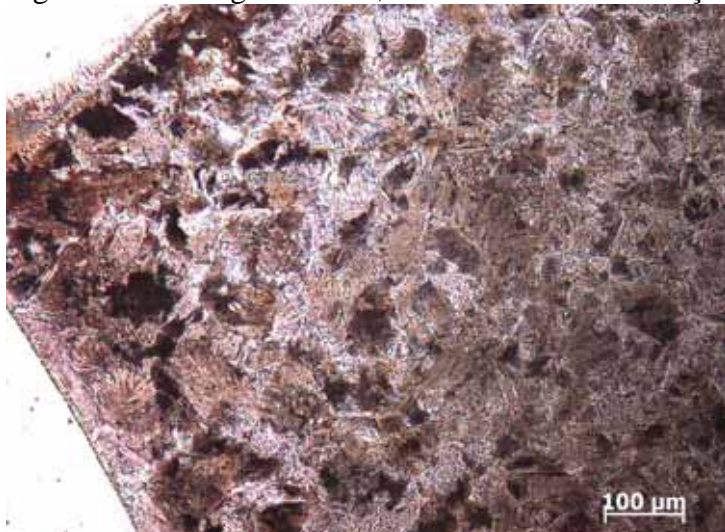
Fonte: (AUTOR, 2015)

Na figura 29 pode-se discriminar o metal de adição de inox, no canto superior esquerdo, a ZTA entre o cordão e o metal base com variação no tamanho dos grãos no



metal base de aço carbono.

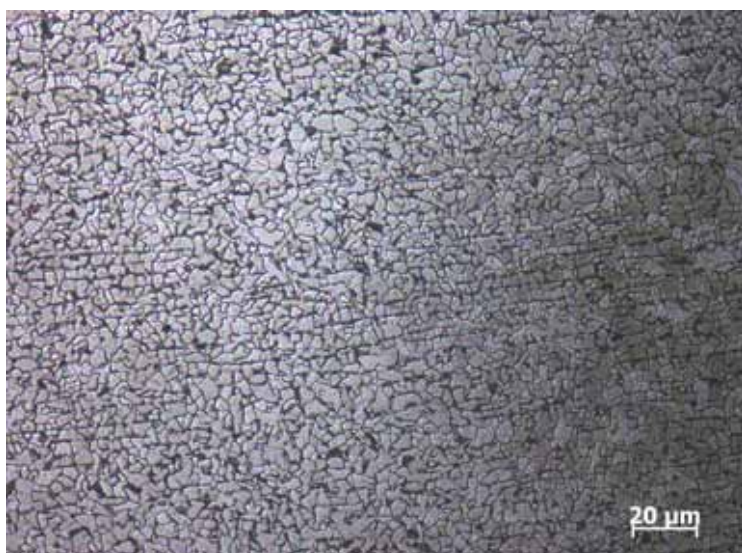
Figura 30: Macrografia CP 1, interface cordão inox-aço carbono.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Na figura 30 pode-se observar toda a transição do metal de adição de aço inox, passando pela variação de granulação da zona termicamente afetada no metal base de aço carbono.

Figura 31: Macrografia CP 1, metal base aço carbono.



Fonte: (AUTOR, 2015)

A imagem 31 mostra os grãos do metal base de aço carbono fora da zona termicamente afeta, com grão menor e sem gradientes no tamanho de grão.

Na análise metalográfica, conseguiu-se constatar que nos corpos de prova soldados com aço carbono ocorreu a formação de todas as regiões esperadas para um processo de soldagem, podendo-se distinguir com facilidade a variação dos tamanhos dos grãos dentro da zona termicamente afeta. Vale ressaltar também a ocorrência de estruturas aciculares, que segundo Hashimoto cresce na forma de feixes de ripas com alta densidade de discordâncias e relação de orientação com a austenita.

#### 4.3 ANÁLISE DA DUREZA

Das medições de dureza obteve-se os resultados discriminados na tabela abaixo:

Tabela 4 – Dureza do CP1

	CP 1				
	MBI	ZTAI	cordão 309	ZTAC	MBC
dureza pontual	189,9	213,4	406,8	191,5	150,3
	192,2	207,1	427,8	216,5	154,5
	203,8	193,7	404,2	193,2	171,4
			399,5		
			415,1		
média	195,3	204,7	410,7	200,4	158,7

Fonte. (AUTOR,2015)

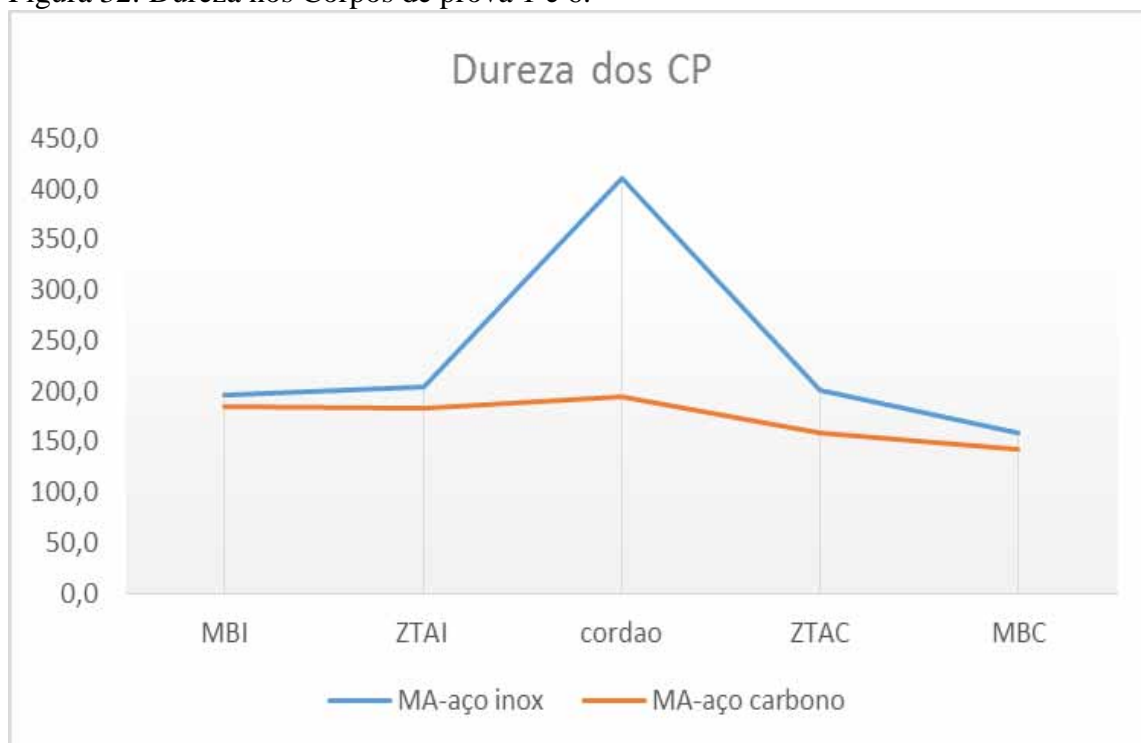
Tabela 5 – Dureza do CP 6

	CP 6				
	MBI	ZTAI	cordão 7018	ZTAC	MBC
dureza pontual	199,9	178,4	203,4	154,9	143,9
	176,5	179,6	198,5	155,0	139,6
	177,3	191,9	192,3	166,1	145,7
			181,0		
			195,7		
Média	184,6	183,3	194,2	158,7	143,1

Fonte. (AUTOR,2015)

Quando se descrimina a dureza por regiões no corpo de prova em metal base de aço carbono, ZTA do aço carbono, cordão de solda, ZTA do aço inox e metal base de aço inox podemos plotar os gráficos abaixo para uma melhor visualização da variação da dureza dentro dos corpos de prova.

Figura 32: Dureza nos Corpos de prova 1 e 6.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Neste gráfico fica fácil visualizar a variação da dureza de acordo com a região discriminada dentro do material soldado.

No exame da dureza, quando olha-se para a figura 32, pode-se observar grande coerência, uma vez que, ao compararmos as durezas do metal base, tanto de carbono como de inox, para os dois corpos de prova, tem-se praticamente os mesmos valores: por volta de 200 HV para o inox e 150HV para o carbono. Mas ao comparar as durezas dos cordões, nota-se uma elevada dureza no MA de aço inox comparada à dureza no MA de aço carbono, este fato talvez possa ser explicado pela provável diluição do metal base de aço carbono no

metal de adição de aço inox, tal processo geraria algum volume de martensita no metal de adição de aço inox.

#### 4.4 ANÁLISE DA TRAÇÃO

Da realização dos ensaios de tração, foram obtidos os resultados relativos às propriedades mecânicas: tensão máxima ( $\sigma_{\text{máx}}$ ) e tensão de ruptura ( $\sigma_{\text{rup}}$ ). Conforme mostrado na Tabela:

Tabela 6 – Parâmetros do ensaio de tração

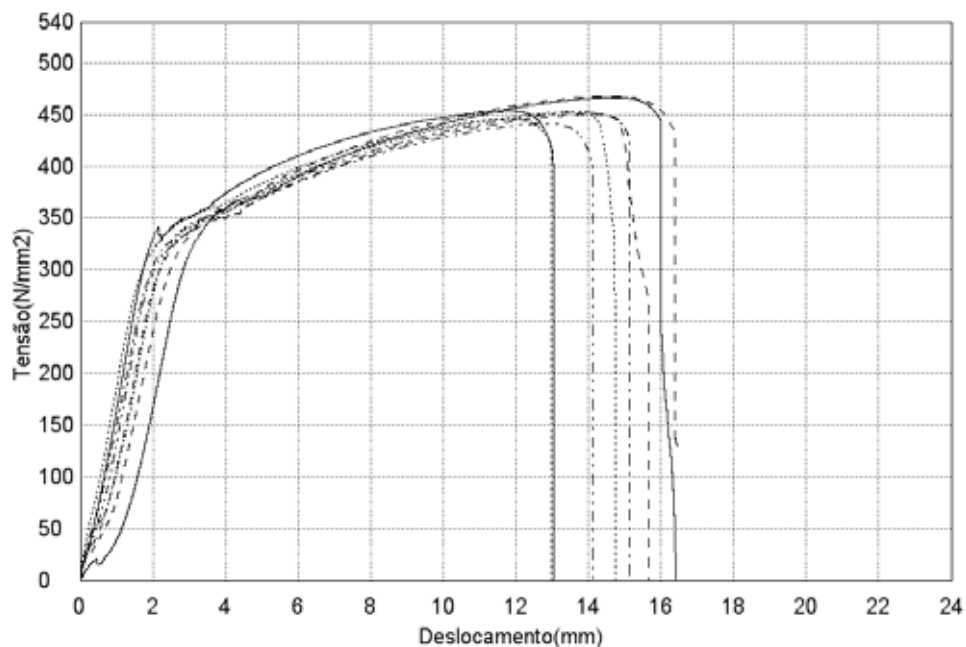
	$\sigma_{\text{máx}}$	$\sigma_{\text{rup}}$
Unidade	Mpa	Mpa
cdp 02	466,722	439,156
cdp 03	467,927	427,953
cdp 04	445,889	411,705
cdp 05	452,282	416,415
<b>média</b>	<b>458,205</b>	<b>423,8073</b>
cdp 07	441,333	392,047
cdp 08	453,404	403,145
cdp 09	450,809	264,307
cdp 10	452,377	262,33
<b>media</b>	<b>449,4808</b>	<b>330,4573</b>

Fonte. (AUTOR,2015)



Ao plotar os dados fornecidos pelo teste de tração obteve-se os gráficos abaixo:

Figura 33: Gráfico tensão-deformação dos CP's.



Fonte: (AUTOR, 2015)

A partir do gráfico, figura 33, pode-se estimar uma tensão média de escoamento ( $\sigma_{esc}$ ) de 375Mpa, uma vez que todos os corpos de prova romperam no metal base de aço carbono esse é um resultado plausível, visto que a bibliografia fornece uma tensão de escoamento de 350 Mpa para o aço 1020 laminado a frio, material utilizado na dissertação. Em termos de ductilidade os CP foram equivalentes, apresentando pouca variabilidade.

Figura 34: CP após o teste de tração.



Fonte: (AUTOR, 2015)

Quanto aos ensaios de tração, obteve-se uma tensão máxima média de 458,21 Mpa para os soldados com inox e 449,48 Mpa soldados com aço carbono e uma tensão de ruptura de 423,81 Mpa e 330 Mpa para os CP soldados com vareta AISI ER309 e com eletrodo E7018, respectivamente. Estes valores mostram a diferença de propriedades mecânicas existentes entre os processos de soldagem em estudo.

Ainda analisando o ensaio de tração, quando olha-se para imagem 34, nota-se que ao colapsar, as amostras que foram soldadas com carbono, ou seja, de 7 a 10 as trincas nuclearam-se na ZTA e propagaram-se num ângulo aproximado de 45°, no plano de maiores tensões cisalhantes.

## 5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que a configuração de solda dissimilar utilizada atualmente, que utiliza varetas AISI ER309 como metal de adição em soldas dissimilares entre aço carbono e aço inox, pode ser substituída por soldas dissimilares que utilizam como material de adição metais essencialmente de aço carbono. Vale ressaltar que para solda proposta para substituir o material de adição atual, levou-se em conta como critério de escolha o teor de carbono do material de adição a ser utilizado, assim sendo, foi escolhido para a experiência o eletrodo revestido E7018, que tem o menor teor de carbono dentre os materiais de adição disponíveis para o experimento.

No ensaio de líquido penetrante foram encontrados poros em apenas um CP de cada grupo, o que mostra equivalência nos processos de soldagem. Tais poros podem ter sido ocasionados por simples imperícia no manuseio dos materiais base durante o preparo para solda, também a variação brusca na velocidade de soldagem pode causar poros. Independentemente do que acarretou os poros, o teste mostra que a chance de defeito, decorrente da não realização da EPS com devida perícia, é a mesma qualquer que seja o metal de adição utilizado.

Com base na análise metalográfica observa-se boa fusão dos materiais base e de adição na configuração que utiliza o eletrodo. A formação de grãos aciculares no cordão de carbono também é uma característica que apoia a utilização do eletrodo como material de adição na solda dissimilar estudada.

Ao analisar os resultados de dureza dispostos ao longo do corpo de prova, evidencia-se certa constância na variação desta propriedade ao longo do CP que utiliza metal base de carbono, enquanto que no corpo de prova que tem como metal base o aço inox a dureza tem um aumento significativo no cordão de solda, esse comportamento é desfavorável, visto que tem-se variação de propriedades mecânica dentro de um mesmo corpo.

Sobre o ensaio de tração, é possível notar que os valores de tensão máxima e tensão de ruptura encontrados para os corpos de prova que foram soldados com aço inox estão

próximos dos mesmos valores desenvolvidos pelos corpos de prova soldados com aço carbono. Esse comparativo mostra que a solda dissimilar que utiliza o eletrodo E7018 como metal de adição, tende a ser equivalente a solda dissimilar que utiliza varetas AISI ER309.

Por fim, a substituição da solda dissimilar que utiliza, atualmente, vareta AISI ER309 como metal de adição por um material de baixo carbono mostrou-se possível quando observamos o disposto acima. Claro que um estudo mais criterioso, com maior controle das variáveis de soldagem, uma maior gama de corpos de prova e talvez uma maior diversificação das análises propostas se faz necessário para que obtenha-se uma resposta mais segura.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas(ABNT)– NBR6152.

BARRA, Sérgio R.; PEREIRA, Aldo S. **Descontinuidades em soldagem**. Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. 33p.

ESAB. **Soldagem e cortes Brasil**. Disponível em : <http://www.esab.com.br/>. Acesso em 08 set. 2014.

HASHIMOTO, Maurício Maia Braga. **Caracterização microestrutural de um aço baixo carbono e baixos teores de elementos de ligas com estrutura contendo ferrita acicular**. 2010. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.




MARANHO, Diego Araujo. **Avaliação de juntas soldadas em tubos de aço carbono submetidos a altas temperatura e pressões**. 2013. 71f. Dissertação (Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.




MODENESE, Paulo J.; MARQUES Villani. **Introdução aos processos de soldagem**.

SOUZA, Sérgio Augusto. **Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos**. 5ª Ed, Editora EDGARD BLÜCHER LTDA, 1982.

TELLES, Pedro C; Silva. **Tubulações industriais**. 10ª Ed, Editora LTC, 2006. Universidade Federal de Minas gerais, 2000. 52p. Disponível em: [http://www.infosolda.com.br/new\\_site](http://www.infosolda.com.br/new_site). Acesso em 29-nov-2013.


## APÊNDICE

		RELATÓRIO DE ENSAIO POR LÍQUIDOS PENETRANTES (DYE PENETRANT TEST REPORT)			Relatório N.º: (Report No.) 001-14	
		Folha N.º: (Sheet No.) 01 de 01				
CLIENTE (CUSTOMER) TRABALHO DE GRADUAÇÃO		COD. ITEM (Part Number) —			O.C. / PROJETO (Purchase Order / Project) CORPO DE PROVA	
MATERIAL (MATERIAL) AÇO CARBONO/AÇO INOX		DESENHO/ REV. (DRAWING REV.) —			PROCEDIMENTO DE ENSAIO/ REV. (TEST PROCEDURE/REV.) —	
CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO (ACCEPTANCE CRITERIA) ASME Sec. VIII Div. 1		ESTADO DA SUPERFÍCIE (SURFACE CONDITION) ESCOVADA			ENSAIO REALIZADO (PERFORMED TEST) <input type="checkbox"/> Antes Alivio (BEFORE) <input type="checkbox"/> Após Alivio (AFTER) <input checked="" type="checkbox"/> N. A. (N.A.)	
TEMP. DA PEÇA (PART TEMPERATURE) (°C) 28° C		PROCED. DE SOLDAGEM/ REV. (WELDING PROCEDURE/REV.) —			SUPERFÍCIE DA SOLDA (WELD SURFACE) <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL (NORMAL) <input type="checkbox"/> REBAIXADA (MACHINED) <input type="checkbox"/> N. A. (N.A.)	
OBJETO DE ENSAIO (Description/ Dimensions) / (TEST OBJECT) (Description/Dimensions) CHAPA						
MATERIAIS PENETRANTES (PENETRATING MATERIALS)				TÉCNICA (TECHNIQUE) <input checked="" type="checkbox"/> Colorida (Colored) <input type="checkbox"/> Fluorescente (Fluorescent)		
REMOVEDOR (REMOVER) ÁGUA		LOTE N.º (LOT No.) —		TEMPO DE PENETRAÇÃO (min.) 10 min.		
PENETRANTE (PENETRANT AGENT) METAL CHEK VP30		LOTE N.º (LOT No.) 14495		TEMPO DE REVELAÇÃO (min.) 20 min.		
REVELADOR (DEVELOPER) METAL CHEK D70		LOTE N.º (LOT No.) 15467		LIMPEZA FINAL (FINAL CLEANING) <input type="checkbox"/> SIM (YES) <input type="checkbox"/> NÃO (NO)		
TAG / DESCONTINUIDADES (TAG / DISCONTINUITIES)						
ITEM (ITEM)	IDENTIFICAÇÃO / JUNTA (IDENTIFICATION / JOINT)	DESCONTINUIDADE (DISCONTINUITIES)			LAUDO (FINDING)	OBSERVAÇÕES (OBSERVATION)
		Nº	TIPO	COMP.		
01	CORPO DE PROVA 01	01	PO	2 mm	A	
02	CORPO DE PROVA 02	—	—	—	A	
03	CORPO DE PROVA 03	—	—	—	A	
04	CORPO DE PROVA 04	—	—	—	A	
05	CORPO DE PROVA 05	—	—	—	A	
CROQUIS / OBSERVAÇÃO (CROQUIS/ OBSERVATION)						
						
IMAGEM 01: CORPOS DE PROVA SOLDADO COM VARETA 309.				IMAGEM 02: PORO ENCONTRADO NO CORPO DE PROVA Nº 01		
<b>RESULTADO (RESULT)</b> <input checked="" type="checkbox"/> APROVADO (APPROVED) <input type="checkbox"/> REPROVADO (REJECTED) <input type="checkbox"/> REC (Recommendation for Additional Test)				<b>OBSERVAÇÕES (NOTES)</b>		
<b>DATA (DATE):</b> <b>INSPECIONADO POR:</b> Inspected by: Marcelo Carvalho SNQC 20014		<b>DATA (DATE):</b> <b>CONTROLE QUALIDADE:</b> Quality Control		<b>DATA (DATE):</b> <b>CLIENTE:</b> Customer		

		<b>RELATÓRIO DE ENSAIO POR LÍQUIDOS PENETRANTES ( DYE PENETRANT TEST REPORT )</b>			Relatório N.º: (Report No.): 002-14	
		Folha N.º: (Sheet No.): 01 de 01				
<b>CLIENTE</b> (CUSTOMER) TRABALHO DE GRADUAÇÃO		<b>COD. ITEM</b> (Part Number) —		<b>O.C. / PROJETO</b> (Purchase Order / Project) CORPO DE PROVA		
<b>MATERIAL</b> (MATERIAL) AÇO CARBONO/ AÇO INOX		<b>DESENHO/ REV.</b> (DRAWING REV.) —		<b>PROCEDIMENTO DE ENSAIO/ REV.</b> (TEST PROCEDURE/REV.) —		
<b>CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO</b> (ACCEPTANCE CRITERIA) ASME Sec. VIII Div. 1		<b>ESTADO DA SUPERFÍCIE</b> (SURFACE CONDITION) ESCOVADA		<b>ENSAIO REALIZADO</b> (PERFORMED TEST) <input type="checkbox"/> Antes Alívio (BEFORE) <input type="checkbox"/> Após Alívio (AFTER) <input checked="" type="checkbox"/> N. A. (N/A)		
<b>TEMP. DA PEÇA</b> (PART TEMPERATURE) (°C) 28° C		<b>PROCED. DE SOLDAGEM/ REV.</b> (WELDING PROCEDURE/REV.) —		<b>SUPERFÍCIE DA SOLDA</b> (WELD SURFACE) <input checked="" type="checkbox"/> NORMAL (NORMAL) <input type="checkbox"/> REBAIXADA (MACHINED) <input type="checkbox"/> N. A. (N/A)		
<b>OBJETO DE ENSAIO</b> (Description/Dimensions) / (TEST OBJECT) (Description/Dimensions) CHAPA						
<b>MATERIAIS PENETRANTES</b> (PENETRATING MATERIALS)				<b>TÉCNICA</b> (TECHNIQUE) <input checked="" type="checkbox"/> Colorida (Colored) <input type="checkbox"/> Fluorescente (Fluorescent)		
<b>REMOVEDOR</b> (REMOVER) ÁGUA		<b>LOTE N.º</b> (LOT No.) —		<b>TEMPO DE PENETRAÇÃO</b> (min.) 10 min.		
<b>PENETRANTE</b> (PENETRANT AGENT) METAL CHEK VP30		<b>LOTE N.º</b> (LOT No.) 14495		<b>TEMPO DE REVELAÇÃO</b> (min.) 20 min.		
<b>REVELADOR</b> (DEVELOPER) METAL CHEK D70		<b>LOTE N.º</b> (LOT No.) 15467		<b>LIMPEZA FINAL</b> (FINAL CLEANING) <input type="checkbox"/> SIM (YES) <input type="checkbox"/> NÃO (NO)		
TAG / DESCONTINUIDADES (TAG / DISCONTINUITIES)						
ITEM (ITEM)	IDENTIFICAÇÃO / JUNTA (IDENTIFICATION / JOINT)	DESCONTINUIDADE (DISCONTINUITIES)			LAUDO (FINDING)	OBSERVAÇÕES (OBSERVATION)
		Nº	TIPO	COMP.		
01	CORPO DE PROVA 06	—	—	—	A	
02	CORPO DE PROVA 07	—	—	—	A	
03	CORPO DE PROVA 08	—	—	—	A	
04	CORPO DE PROVA 09	—	—	—	A	
05	CORPO DE PROVA 10	01	PO	03 mm	A	
CROQUIS / OBSERVAÇÃO (CROQUIS/ OBSERVATION)						
						
IMAGEM 01: CORPOS DE PROVA SOLDADO COM ELETRODO 7018.				IMAGEM 02: PORO ENCONTRADO ATRÁS DO CP Nº 10.		
<b>RESULTADO</b> (RESULT) <input checked="" type="checkbox"/> APROVADO (APPROVED) <input type="checkbox"/> REPROVADO (REJECTED) <input type="checkbox"/> REC (Recommendation for Additional Test)			<b>OBSERVAÇÕES</b> (NOTES)			
<b>DATA</b> (DATE): INSPECIONADO POR: Inspected by: Marcelo Carvalho SNQC 20014		<b>DATA</b> (DATE): CONTROLE QUALIDADE: Quality Control		<b>DATA</b> (DATE): CLIENTE: Customer		
Rev. 1						



CERTIFICADO DO MATERIAL BASE DE AÇO CARBONO

 <p><b>COSIPA</b>          UNIA, LODE BORGARO DE ABRONIA E SILVA - GARAFOLAS          CEP 031-000 - RUA A. GUARDINI, 1 - JARDIM GUARDINI, 1 - SP          INSCRIÇÃO CO.C. (ME.F.) N. 02783330001-41          INSCRIÇÃO ESTADUAL N. 18.524.945/11</p>		<p>COMPANHIA SIDER          SICA PAULISTA - SÃO PAULO - BRASIL          QUALITY CENTER          CENTRO DE QUALIDADE</p>		<p>CERTIFICATE NO - Nº CERTIFICADO: 523518          VOICE - NOTA FISCAL: 165178          ROER - PEDIDO: 26178 - 05          REFERENCE - REFERENCIA: ABRILIOS</p>		<p>DATE - DATA: 28/02/2005          14:30 H</p>																																	
<p>CUSTOMER - CLIENTE:          PRODUT - PRODUTO: BOBINA FIM A CLIENTE          SPECIFICATION - ESPECIFICAÇÃO: SEC.400.1000.2001</p>		<p>TOLERANCES - TOLERÂNCIAS          NBR 1188 - 1992</p>		<p>SURFACE - SUPERFÍCIE: ABNT SUP 2          EDGES - BORDAS: NATURAL          OILED - CLEANTAMENTO: SEM OLEO</p>		<p>THICKNESS-ESPESURA: NBR 1188 - 1992          WIDTH-LARGURA: NBR 1188 - 1992          FLATNESS - APALANAMENTO: NBR 1188 - 1992</p>																																	
<p>PACKAGE No          Nº VOLUME          158871</p>		<p>WEIGHT - PESO          NET          LIQUIDO: 12.318          GROSS          BRUTO: 12.322</p>		<p>SAMPLE No          Nº AMOSTRA: 524831</p>		<p>HEAT No          Nº CORONA: 552971</p>																																	
<p>2.801700</p>		<p>DIMENSIONS-DIMENSÕES          THICKNESS-WIDTH          ESP-LARG.</p>		<p>MECHANICAL TESTING - ENSAIOS MECÂNICOS</p>		<p>TENSILE TEST          ENSAIO DE TRAÇÃO</p>																																	
<p>524831</p>		<p>SAMPLE No          Nº AMOSTRA: 524831</p>		<p>SAMPLE LOCATION          POS. DA AMOSTRA</p>		<p>TEST CONDITION          CONDIÇÃO DO TESTE</p>																																	
<p>TEST DIRECTION          DIREÇÃO DO TESTE</p>		<p>SPECIMEN LOCATION          POS. RETIRADA CP</p>		<p>TEMPERATURE          TEMPERATURA</p>		<p>CAUGE LENGTH          BASE MEDIDA</p>																																	
<p>TEST METHOD          MÉTODO LE</p>		<p>UNIT-UNID.:          MPa</p>		<p>TEST CONDITION          CONDIÇÃO DO TESTE</p>		<p>TEST CODE          CÓDIGO DO TESTE</p>																																	
<p>SIZE OF THE TEST          DIMENSÕES DO CP</p>		<p>TEST DIRECTION          DIREÇÃO DO TESTE</p>		<p>TEMPERATURE          TEMPERATURA</p>		<p>SPECIMEN LOCATION          POS. RETIRADA CP</p>																																	
<p>NOTCH-ENTALHE</p>		<p>UNIT-UNID.:          J</p>		<p>TEST DIRECTION          DIREÇÃO DO TESTE</p>		<p>SCALE          ESCALA</p>																																	
<p>TEST DIRECTION          DIREÇÃO DO TESTE</p>		<p>UNIT-UNID.:          A</p>		<p>SPECIMEN LOCATION          POS. RETIRADA CP</p>		<p>INCLUSIONS          INCLUSÕES</p>																																	
<p>CHEMICAL COMPOSITION (%) - COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ELEMENTO</th> <th>CODE</th> <th>C</th> <th>Mn</th> <th>P</th> <th>S</th> <th>SI</th> <th>AL</th> <th>CU</th> <th>NI</th> <th>MO</th> <th>CR</th> <th>NI</th> <th>NS</th> <th>V</th> <th>TI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>523271</td> <td>P</td> <td>0.17</td> <td>0.47</td> <td>0.014</td> <td>0.018</td> <td>0.028</td> <td>0.002</td> <td>0.002</td> <td>0.001</td> <td>0.023</td> <td>0.008</td> <td>0.006</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> </tbody> </table>								ELEMENTO	CODE	C	Mn	P	S	SI	AL	CU	NI	MO	CR	NI	NS	V	TI	523271	P	0.17	0.47	0.014	0.018	0.028	0.002	0.002	0.001	0.023	0.008	0.006	0.000	0.000	0.000
ELEMENTO	CODE	C	Mn	P	S	SI	AL	CU	NI	MO	CR	NI	NS	V	TI																								
523271	P	0.17	0.47	0.014	0.018	0.028	0.002	0.002	0.001	0.023	0.008	0.006	0.000	0.000	0.000																								
<p>REMARKS-OBSERVAÇÕES</p>																																							
<p>AS RECEIVED CLIENT TEST THE MATERIAL, WHICH REPRESENTS THIS BATH MADE BY THE MANUFACTURER. THE RESULTS OF THE ANALYSIS ARE SHOWN IN THE CHEMICAL COMPOSITION TABLE. THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE BATH ARE SHOWN IN THE ANALYSIS OF THE BATH TABLE. THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE BATH ARE SHOWN IN THE ANALYSIS OF THE BATH TABLE. THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE BATH ARE SHOWN IN THE ANALYSIS OF THE BATH TABLE.</p>																																							
<p>FOR THE CLIENT TO TEST THE MATERIAL, WHICH REPRESENTS THIS BATH MADE BY THE MANUFACTURER. THE RESULTS OF THE ANALYSIS ARE SHOWN IN THE CHEMICAL COMPOSITION TABLE. THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE BATH ARE SHOWN IN THE ANALYSIS OF THE BATH TABLE. THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE BATH ARE SHOWN IN THE ANALYSIS OF THE BATH TABLE. THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE BATH ARE SHOWN IN THE ANALYSIS OF THE BATH TABLE.</p>																																							
<p>FOR THE CLIENT TO TEST THE MATERIAL, WHICH REPRESENTS THIS BATH MADE BY THE MANUFACTURER. THE RESULTS OF THE ANALYSIS ARE SHOWN IN THE CHEMICAL COMPOSITION TABLE. THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE BATH ARE SHOWN IN THE ANALYSIS OF THE BATH TABLE. THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE BATH ARE SHOWN IN THE ANALYSIS OF THE BATH TABLE. THE RESULTS OF THE ANALYSIS OF THE BATH ARE SHOWN IN THE ANALYSIS OF THE BATH TABLE.</p>																																							



CERTIFICADO DO MATERIAL BASE DE AÇO INOX

**INTERSTEEL**  
 AÇO INOX  
 INTERSTEEL AÇOS E METAIS LTDA  
 RUA ANTONIO CHARRI, 145 - RD. DA MOCCA  
 SÃO PAULO - SP CEP. 03109-050  
 Fone/Fax: (11) 2027-3536 / 3532  
 Cnpj: 67.889.634/0001-18  
 Inscr.: 113.442.842.110

4919041513 IT. 10

Nº Cert. **92992**  
 Data: **13/01/2011**  
 Nota: **82992**  
 Ped.: **129813**

CERTIFICADO DA QUALIDADE  
 MATERIAL

Item	Descrição	Unid.	Qtd.	Unid. 2	Qtd. 2	Corrida	Rastreabilidade
1	CHAPA INOX304 2,00 X 2000 X 1220 BF	KG	230	PC	6	A1301462	A1301462
2							
3							
4							
5							
6							

ANÁLISE QUÍMICA

Item	N%	TI%	C%	SI%	Mn%	P%	S%	C%	N%	Mo%	Cu%	Co%	Al%
1	0,010	-	0,040	0,430	1,120	0,033	0,001	18,550	8,010	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PROPRIEDADES MECÂNICAS / ENSAIO HIDRÁULICO

Item	Lim. Resistência (MPa)	Lim. Escoamento 0,2% (MPa)	Along. %	Dureza	Estriação %	Teste Hidrost	Teste Achat.	Oxalico	Origem / Fabricante	Nº certificado origem/fabricante	Norma atendida	Trat. Termico
1	697,00	281,00	50,00	82,00 HRB	-	-	-	-	-	ABC-T130295A	ASTM A240	SO
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Legenda: ST=Sem trat.termico/ NO=Normalizado/ RE=Recozido/ SO=Solubilizado na faixa de 1050 C/ AS=A262 pratica E ok

Certificamos que os dados acima dispostos estão corretos e que os documentos que lhe dão sustentação, estão disponíveis em nossos arquivos

CONTROLE DA QUALIDADE INTERSTEEL

## CERTIFICADO DO METAL DE ADIÇÃO DE AÇO INOX



**CERTIFICADO DA QUALIDADE**  
 Quality Certificate / Certificado de Calidad  
 Conforme ASMESFA5.01/2010 Programa(Schedule) H

<b>Produto :</b> <i>Product/Product</i>	OK 67.61 2,50 300,00 4 CX 2KG	<b>Data de Produção :</b> <i>Date/Fecha de Produccion</i>	05.09.2012
<b>Lote :</b> <i>Heat Number/Produccion</i>	VT236E4379		
<b>Classificação :</b> <i>Classification/Clasificación</i>	AWS A5.4-06 ASME SFA5.4/ 2010 E309L-17		
<b>Corpos de Prova de Metal Depositado</b> <i>All-Weld Metal Test Assemblies/Corpos de Prova do Metal Depositado</i>			
<b>Análise Química (%)</b> <i>Chemical Analysis/Análisis Químico</i>			
C	Si	Mn	P
0,020	0,900	0,880	0,023
	Cr	Ni	Mo
	22,120	13,690	0,047
			Cu
			0,070
<b>Propriedades Mecânicas Típicas</b> <i>Typical Mechanical Properties / Propiedades Mecánicas Típicas</i>			
Resistência a Tração (MPa)/Tensile Strength/Resistência a la Tracion			730
Limite de Escoamento (MPa)/Yield Strength/Limite de Fluencia			
Alongamento (%) /Elongation/Alargamiento			32
Teste de Impacto CHARPY-V (J)/Impact Test/Ensayo de Impacto			
Temperatura ("C)/Temperature/Temperatura			
<b>Teste de Filete</b> <i>Flare Weld Test / Ensayo de Filete</i>			
ATENDE AOS REQUISITOS SATISFY THE REQUIREMENTS ATIENDE A LOS REQUISITOS			
<b>Qualidade Radiográfica</b> <i>Radiographic Test/Calidad Radiográfica</i>			
ATENDE AOS REQUISITOS SATISFY THE REQUIREMENTS ATIENDE A LOS REQUISITOS			

05/02

LUIZ HENRIQUE C. GONÇALVES  
 ESAB Indústria e Comércio Ltda.  
 Controle de Qualidade Consumíveis  
*Quality Control / Control de la Calidad*

## CERTIFICADO DO MATERIAL DE ADIÇÃO DE AÇO CARBONO



**CERTIFICADO DA QUALIDADE**  
 Quality Certificate / Certificado de Calidad  
 Conforme ASMESFA5.01/2010ADENDA2011 Programa(Schedule) H

**Produto :** OK 48.04 2,50 350,00 LT 15KG  
*Product/Producto*

**Lote :** VT251E5833  
*Lot Number/Produccion*

**Data de Produção :** 19.12.2012  
*Date/Fecha de Produccion*

**Classificação :**  
*Classification/Clasificación*

AWS A5.1-04 ASME SFAS.1/ 2010AD2011 E7018

**Corpos de Prova de Metal Depositado**  
*AS Weld Metal Test Assemblies/Corpos de Provas del Metal Depositado*

**Análise Química (%)**  
*Chemical Analysis/Análisis Químico*

C	Si	Mn	P	S
0,100	0,340	1,190	0,024	0,015
Cr	Ni	Mo	V	
0,042	0,017	0,001	0,003	

**Propriedades Mecânicas Típicas**  
*Typical Mechanical Properties / Propiedades Mecánicas Típicas*

Resistência a Tração (MPa)/Tensile Strength/Resistencia a la Traccion	580
Limite de Escoamento (MPa)/Yield Strength/Limite de Fluencia	490
Alongamento (%) /Elongation/Alargamiento	30
Teste de Impacto CHARPY-V (J)/Impact Test/Ensayo de Impacto	110
Temperatura (°C)/Temperature/Temperatura	-30

**Teste de Filete**  
*Filet Weld Test / Ensayo de Filete*

ATENDE AOS REQUISITOS SATISFY THE REQUIREMENTS ATIENDE A LOS REQUISITOS

**Qualidade Radiográfica**  
*Radiographic Test/Catálisis Radiográfica*

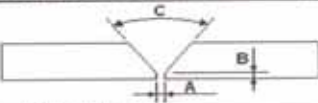
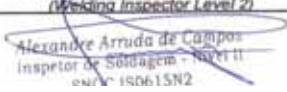
GRAU 1 GRADE 1 GRADO 1

**Observações**  
*Observations/Observaciones*

UMIDADE MOISTURE UNIDAD<0.60%

LUIZ HENRIQUE C. GONÇALVES  
 ESAB Indústria e Comércio Ltda.  
 Controle de Qualidade Consumíveis  
*Quality Control / Control de la Calidad*

## ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (EPS)

MONTEVALE		ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (Welding Procedure Specification)				EPS: MONT-001 (WPS)																	
				Folha (Sheet): 01 / 01		Rev.: 0																	
NORMAS APLICÁVEIS: ASME IX Ed.2010 (Specification Applicable)				RQPS: MONT-001 (PQR)																			
PROCESSO DE SOLDAGEM (Welding Process): GTAW (TIG) / SMAW (ER)				TIPO (Type): MANUAL																			
DETALHE DA JUNTA (Detail of Joint):				MATERIAL DE BASE (Base Metal):																			
 <table border="1" data-bbox="263 649 630 772"> <thead> <tr> <th></th> <th>Dimensão (Dimension)</th> <th colspan="2">Tolerâncias (Variations)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>5,0 mm</td> <td>+ 1,0</td> <td>- 1,0</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>1,5 mm</td> <td>+ 0,5</td> <td>- 0,5</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>75°</td> <td>+ 5</td> <td>- 5</td> </tr> </tbody> </table>					Dimensão (Dimension)	Tolerâncias (Variations)		A	5,0 mm	+ 1,0	- 1,0	B	1,5 mm	+ 0,5	- 0,5	C	75°	+ 5	- 5	ESPECIFICAÇÃO (Specification): <b>ASTM A106 Gr. B</b> P N° / GRUPO (Group) N°: <b>1 / 1</b> DIÂMETRO NOMINAL (Nominal Diameter): <b>4"</b> DIÂMETROS QUALIFICADOS (Diameters Range): <b>Todos (All)</b> ESP. NOMINAL / QUALIF. (Nominal/Range Thickness): <b>6,0 mm / 1,5 - 12,0 mm</b> ESP. METAL DEPOSITADO QUALIFICADO: (Thickness of Deposited Weld Metal Range): <b>TIG ≤ 6,0 mm ER ≤ 6,0 mm</b>			
	Dimensão (Dimension)	Tolerâncias (Variations)																					
A	5,0 mm	+ 1,0	- 1,0																				
B	1,5 mm	+ 0,5	- 0,5																				
C	75°	+ 5	- 5																				
METAIS DE ADIÇÃO (Filler Metals):																							
Passo (Pass)	Classe AWS (AWS Class)	Especificação SFA (SFA Specification)	F N°	A N°	Diâmetro (Diameter)	Fabricante (Manufacturer)	Marca Comercial (Trade Name)	Observ. (Remarks)															
Raiz (Root)	ER70S-3	SFA 5.18	6	1	2,38 mm	Gerdau	ER70S-3																
Enchimento (Filing Up)	E7018	SFA 5.1	4	1	2,5 mm	Esab	OK 48.04																
Acabamento (Finish)	E7018	SFA 5.1	4	1	2,5 mm	Esab	OK 48.04																
Fluxo (Flux): ---		Classificação Fluxo-Arame (Wire-Flux Classification): ---																					
Fabricante (Manufacturer): ---		Marca Comercial do Fluxo (Flux Trade Name): ---																					
POSIÇÃO (Position):				GÁS DE PROTEÇÃO (Shielding Gas):																			
Posição de Soldagem (Welding Position): Todas (All)				<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gas</th> <th>Mistura (Mixture)</th> <th>Vazão (Flow Rate)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Proteção do Arco (Shielding)</td> <td>Argônio</td> <td>99,9%</td> <td>10 - 15 l/min</td> </tr> <tr> <td>Proteção da raiz (Backing)</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> </tbody> </table>					Gas	Mistura (Mixture)	Vazão (Flow Rate)	Proteção do Arco (Shielding)	Argônio	99,9%	10 - 15 l/min	Proteção da raiz (Backing)	---	---	---				
	Gas	Mistura (Mixture)	Vazão (Flow Rate)																				
Proteção do Arco (Shielding)	Argônio	99,9%	10 - 15 l/min																				
Proteção da raiz (Backing)	---	---	---																				
Progressão de Soldagem (Welding Progression): Ascendente (Up Hill)																							
PRÉ-AQUECIMENTO (Preheat):				TRATAMENTO TÉRMICO PÓS SOLDAGEM: (Postweld Heat Treatment)																			
Temperatura de Pré-Aquecimento (Preheat Temp.): ≥ 15 °C				Faixa de Temperatura (Temp. Range): ---																			
Temperatura de Interpassos (Interpass Temp.): ≤ 250 °C				Patamar (Holding): ---																			
Temperatura de Pós-Aquecimento (Postheat Temp.): ---				Taxa de Aquecimento (Heating Rate): ---																			
Técnica Utilizada (Technical Used): ---				Taxa de Resfriamento (Cooling Rate): ---																			
				Controle de Temperatura (Temp. Control): ---																			
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (Electrical Characteristics):																							
Passo (Pass)	Corrente / Polaridade (Cur. / Polar.)	Faixa de Amperagem (Current Range)	Faixa de Tensão (Voltage Range)	Faixa de Velocidade (Speed Travel Range)	Oscilação (Oscillation)	Calor Fornecido (Heat Input)	Observ. (Remarks)																
Raiz (Root)	CC *	50 - 100 (A)	10 - 15 (V)	7,0 - 12,0 (cm/min)	---	---																	
Enchimento (Welding)	CC *	70 - 130 (A)	20 - 26 (V)	10,0 - 16,0 (cm/min)	≤ 3 x Ø	---																	
Acabamento (Finish)	CC *	70 - 130 (A)	20 - 26 (V)	10,0 - 16,0 (cm/min)	≤ 3 x Ø	---																	
TÉCNICA (Technique):																							
Método de Golivagem (Gouging Method): ---				Téc. de Acoplamento (Acoppling Technique): Cachorro (Assembly Device Auxiliary)																			
Limpeza Inicial / Interpassos: Escovamento / Esmerilhamento (Cleaning Initial / Interpass): Brushing / Grinding				Martelamento (Peening): ---																			
				Cobrejuntas (Backing): ---																			
OBSERVAÇÕES (Remarks):																							
Inspetor de Soldagem Nível 2 (Welding Inspector Level 2)		Controle da Qualidade (Quality Control)			Cliente (Client)																		
 Alexandre Arruda de Campos Inspetor de Soldagem - Nível II CREA 150615N2																							

## CERTIFICADO DOS MATERIAIS DO ENSAIO DE LIQUIDO PENETRANTE

**METAL-CHEK**

CERTIFICADO DE CONFORMIDADE NÚMERO: 201302313

Produto: Metal-Chek VP 30 (Hi) LP visível lavável a água

Tipo/Forma:	II
Método:	A
Nível de Sensibilidade:	2

Lote:	14798
Data de Fabricação:	18/01/2013
Data de Validade:	31/01/2015

## Normas de Referência:

PETROBRAS N 2370; PETROBRAS N 1596; AMS 2644; ASME Seção V - Art. 6; JIS Z 2343; ASTM E 1417; ISO 3452-2.
---

Cliente:

Nota Fiscal No:

Data da Nota Fiscal:

Teste	Requerimento	Resultado
Ponto de fulgor	> 93°C (método ASTM D93)	119 °C
Tolerância à água	> 5%	18 %
Pressão interna	5,0 ± 1,0 kgf/cm <sup>2</sup>	5,2 kgf/cm <sup>2</sup>
Viscosidade	7,40 ± 0,74 cSt a 38 ± 3 °C (método ASTM D 445)	7,36 cSt
Conjunto de contaminantes (Cl + F)	Cloro + fluor = 1% do resíduo	0,0056 %
Conjunto de contaminantes (S)	Enxofre = 1% do resíduo	0,0083 %
Conjunto de contaminantes (Cl + F -)	Cloro + fluor = 200 ppm	56 ppm
Conjunto de contaminantes (S)	Enxofre = 200 ppm	83 ppm
Odor	Glicólico	Aprovado
Unidade de compra	Aerossol + ficha de emergência	Aprovado
Estarqueidade de válvula	Após 24 h, não deve liberar mais do que 2,5 mL de gás	Aprovado
Estabilidade de estocagem	Dois anos, temperatura de 5 a 40°C	Aprovado
Fornecimento/condicionamento	Embalagem adequada ao manuseio e transporte	Aprovado
Molhabilidade	Homogêneo, sem retrações ou formação de gotas descobrindo a área aplicada	Aprovado
Aparência	Líquido vermelho	Aprovado
Integridade da embalagem	Não deve apresentar amassamento / vazamento	Aprovado
Corrosividade	Não deve apresentar sinais de deterioração	Aprovado
Removibilidade	Não deve haver resíduo	Aprovado
Sensibilidade LP	Padrão 20µm (JIS Z 2343)	Aprovado
Cor do penetrante	Vermelho / violeta	Aprovado
Fonidez	Vide rótulo / dados de segurança	Aprovado
Rótulo	Vide Tabela 01 - N 2370	Aprovado

Bragança Paulista, 4 de fevereiro de 2013  
METALCHEKMilton Ribeiro da Silva  
Laboratório/Controle da Qualidade  
CRQ IV 04467733Este documento é gerado eletronicamente  
não necessitando ser assinado.Metal-Chek do Brasil Ind e Com Ltda  
CNPJ 50.892.934/0001-53  
qualidade@metalchek.com.br