

## **Detecção de defeitos em solda através da Inspeção visual**

Marcos Mendes de Castro<sup>1</sup>

Eng. Leon Denis Rodrigues dos Santos<sup>2</sup> (orientador)

### **RESUMO**

As discontinuidades em processos de soldagem, mesmo que tomemos todas as medidas necessárias para evitá las acabam ocorrendo durante a execução. Uma vez introduzidas no processo faz - se necessário à identificação e entendimento das circunstâncias que levaram a ocorrer.

O ensaio visual de soldagem é uma técnica importante no controle de qualidade de equipamentos que utilizam esse processo de fabricação. A partir da identificação das discontinuidades por meio dessa técnica, podemos tomar ações necessárias para correção, prevenção e melhoria no processo.

No entanto o conhecimento das características do processo, dos materiais empregados, a geometria e preparação da junta a ser soldada são de importante contribuição para evitar defeitos.

O objetivo do texto é apresentar e acompanhar um processo de soldagem por eletrodo revestido em estaleiro, identificando possíveis discontinuidades que venham a ocorrer, apresentando causas e métodos de correção.

**Palavras – chave:** Solda. Eletrodo revestido. Descontinuidades

## ABSTRACT

The discontinuities in welding processes, even if we take all necessary measures to avoid them occur during the execution. Once introduced in the process, it is necessary to identify and understand the circumstances that led to it occurring.

The visual welding test is an important technique in the quality control of equipment that uses this manufacturing process. From the identification of the discontinuities through this technique, we can take actions necessary for correction, prevention and improvement in the process.

However, the knowledge of the characteristics of the process, the materials used, the geometry and preparation of the joint to be welded is an important contribution to avoid defects.

The purpose of the text is to present and follow a welding process by electrode coated on site, identifying possible discontinuities that occur, presenting causes and methods of correction.

**Keywords:** Weld. Covered electrode. Discontinuities

## 1.0 - Introdução

“Denomina-se soldagem ao processo de união entre duas partes metálicas usando uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão. A solda é o resultado desse processo.” (WAINER; MELLO; BRANDI 2004 p 1)

O Amazonas é hoje o segundo polo naval do país e movimenta mais de um bilhão de reais por ano, uma balsa de grande porte pode chegar a custar cerca de 3 milhões de reais, um produto sem procedência que não atenda aos requisitos mínimos de qualidade, faz com que esse valor caia em até 30 %, colocando em risco a segurança de passageiros e cargas que são transportadas por esse meio.

A introdução de descontinuidades no processo de soldagem gera retrabalhos, que podem representar até 25% do custo de uma obra, sendo que um percentual significativo destes partem das áreas de soldagem, distorções, deformações, trincas, porosidades e outras descontinuidades que na maioria das vezes exigem que a união seja refeita. Gerando custos adicionais além do desperdício de recursos naturais e esforços desnecessários de mão de obra, esses fatores são grandes obstáculos a serem superados, principalmente na região norte do país, devido à falta de ações que promovam a capacitação de mão de obra necessária para as operações.

Como prevenir falhas, reduzir defeitos e evitar retrabalhos? A qualificação e desenvolvimento de pessoal juntamente com técnicas de controle de qualidade são fundamentais para responder este questionamento.

O objetivo desse trabalho é apresentar técnicas para realização de atividades de controle, inspeção e execução de operações que tenham como processo de fabricação a soldagem por arco elétrico com eletrodo revestido, analisando as principais variáveis em torno do processo, suas terminologias, simbologias, tipos de descontinuidades, utilizando como método de detecção o ensaio visual como objetivo de estudo.

### 1.1 - Terminologias da soldagem

Os processos de soldagem possuem um conjunto de termos próprios e torna-se de grande importância, o conhecimento das designações e abreviaturas dos termos aplicáveis, a seguir os termos mais usuais nos processos de soldagem, sendo que sempre que possível serão mencionados na língua inglesa. (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS 2009)

Soldagem (Welding) é o processo de união de materiais, onde se preserva as características físicas e químicas da junta soldada.

Solda (Weld) é o efeito do processo.

Soldador (Welder) Profissional capacitado a executar soldagem manual ou semiautomático.

Metal de base (Base metal) metal ou liga a ser soldada.

Metal de adição (Filler metal) metal ou liga adicionado em estado líquido.

Equipamento (Weldment) produto da fabricação, construção ou montagem soldada, tais como: equipamentos de caldeiraria, tubulação, estruturas metálicas, navios etc....

Porça de fusão (Weld pool) Região de fusão, volume localizado de metal líquido de adição e do metal de base

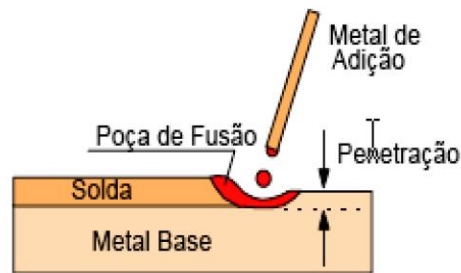


Figura 1 - Terminologia da soldagem

Fonte: Modenesi 2001

Bisel (Bevel) borda do componente a ser soldado preparado de forma angular.

Chanfro (Groove ) Abertura na superfície de uma peça ou entre componentes onde será efetuada a solda.

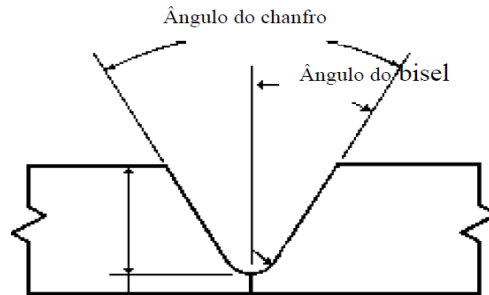


Figura 2 - Ângulo do chanfro e bisel

Fonte: Modenesi 2001

**Raiz (Root):** Região mais profunda de uma junta soldada que corresponde ao 1º

Passe, região mais propensa a discontinuidades na soldagem.

**Face (Face):** Superfície oposta a raiz da solda.

**Camada (Layer):** Conjuntos de passes realizados em uma mesma altura em um chanfro.

**Reforço (Reinforcement):** Altura máxima alcançada pelo excesso de metal de adição medido a partir da superfície do metal a ser soldado.

**Margem (Toe):** Linha de encontro entre a face da solda e a superfície do metal de base

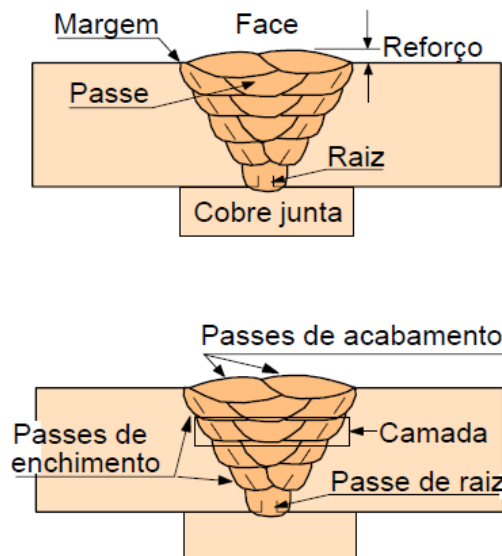
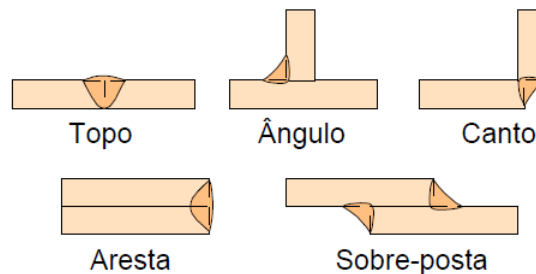


Figura 3- Terminologia da soldagem

Fonte: Modenesi 2001

Juntas de topo (Buttjoint) Região onde duas ou mais peças serão unidas.

Tipos de junta Topo (Butt), ângulo (Tee), sobreposta (Lap) de aresta (Edge)

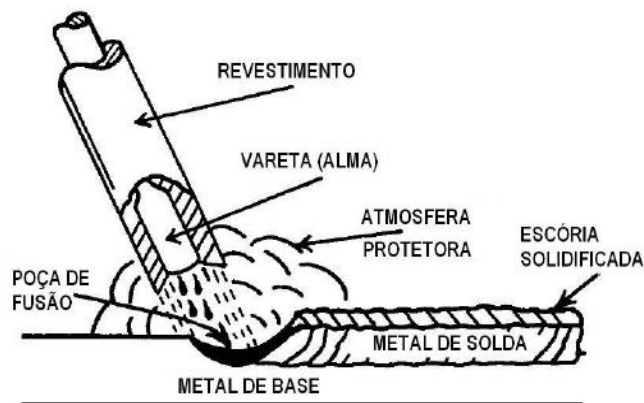


*Figura – 4 Tipos de juntas em soldagem*

### 1.2-Soldagem por arco elétrico com eletrodo revestido (SMAW)

A soldagem por meio desse processo produz a união entre metais, pelo aquecimento e fusão com um arco elétrico estabelecido entre a ponta de um eletrodo revestido consumível e a superfície do metal de base na junta que está sendo soldada, combinando o metal fundido do eletrodo revestido com o metal de base também fundido. Na medida em que a solda avança, ocorre a solidificação da poça de fusão, dando origem a solda. (FBTS 2009)

Uma escoria líquida de densidade menor que a do metal líquido se forma, a partir dos elementos que compõem o eletrodo, e das impurezas do metal de base, e sobrenada a poça de fusão, essa escoria tem um papel fundamental na formação do cordão de solda, pois protege contra ação da atmosfera e controla a taxa de resfriamento do metal de solda. No final desse processo teremos o cordão de solda coberto por uma camada de escória, que é retirada por meio de ferramentas, tendo enfim a solda.



*Figura 5 - Processo de soldagem arco elétrico com eletrodo revestido*

Fonte: ESAB

O processo de soldagem por arco elétrico com eletrodo revestido é o mais versátil dentre os processos de soldagem, devido sua simplicidade, conseguir soldar em quase todas as posições e espessuras, requerer um baixo custo de equipamentos e consumíveis para execução, entregar soldas de boa qualidade, e por ser realizada em quase todos os lugares, e em condições extremas.

*Quadro - 1: Características do processo arco elétrico por eletrodo revestido*

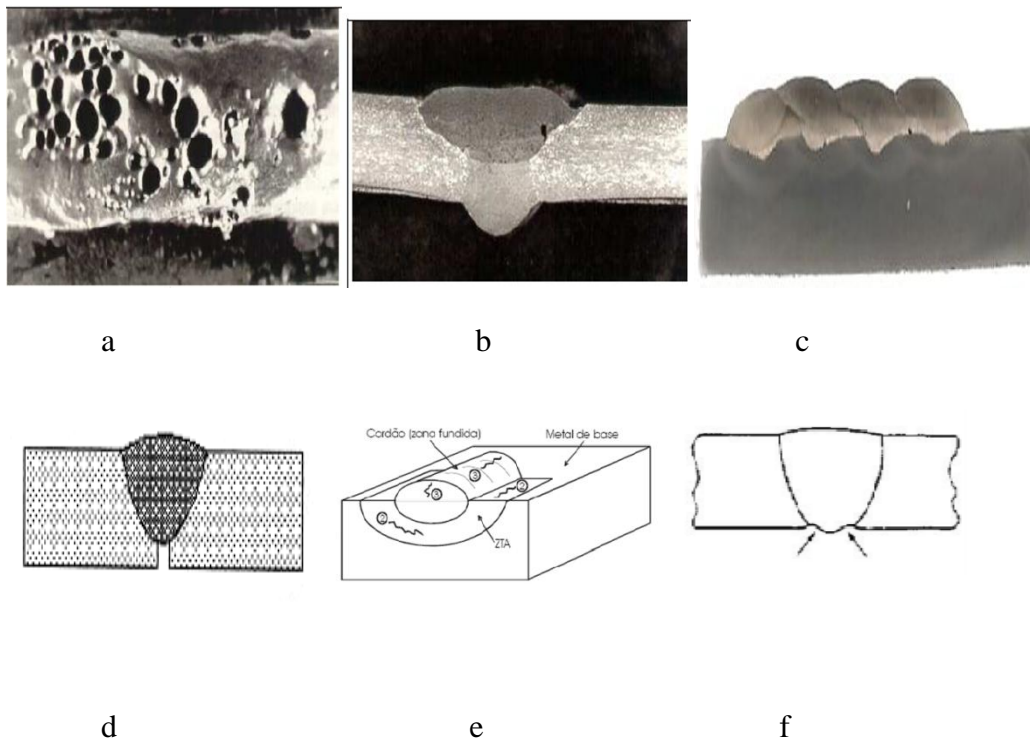
Tipo de operação: Manual	Equipamento: Retificador, transformador e gerador
-Características: -Taxa de deposição: 1 a 5 kg/ h -Espessura soldadas $2 < e < 200$ mm -Posições todas -Diluição 25 a 35 % -Faixa de corrente 75 a 300 A	Consumíveis do processo Eletrodos de 1,6 a 6,0 mm de diâmetro

Aplicações: Soldagem na maioria dos metais e ligas	
Vantagens: Baixo custo Versatilidade Opera em locais de difícil acesso	Limitações: Processo lento devido à baixa taxa de deposição Requer habilidade manual

Como em toda operação de soldagem, no processo por arco elétrico com eletrodo revestido, pode conter discontinuidades, dentre elas podem ocorrer:

- Porosidades
- Inclusões
- Falta de fusão
- Falta de penetração
- Concavidades
- Trincas
- Mordeduras





*Figura 6 - Descontinuidades introduzidas no processo*

Fonte: FBTS

- a) Porosidade agrupada imagem obtida por ensaio de raio X. b) Inclusão de escoria na interface da zona fundida. c) Falta de fusão. d) Falta de penetração. e) trinca superficial. f) Concavidade na raiz da solda

### 1.3-Consumíveis do processo

O consumível do processo é o eletrodo composto pela alma do eletrodo, um núcleo metálico de baixo teor de carbono, e o revestimento que é composto por componentes complexos combinados em proporções adequada que tem funções muito específicas que são:

**Elétricas:** isolam a alma do eletrodo, direcionando o arco para área de interesse.

**Físicas e Mecânicas:** Fornecem gases para formação de uma atmosfera protetora da poça de fusão protegendo da ação dos gases atmosféricos nitrogênio, oxigênio, hidrogênio.

**Metalúrgicas:** contribuem com adição de elementos de liga para a solda, melhorando suas propriedades mecânicas. (FBTS 2009)

Os eletrodos para aço carbono são classificados pelos fabricantes em conformidade com a norma AWS 5.1, com base nas propriedades mecânicas (também conhecidas como propriedades físicas) do metal de solda, no tipo de revestimento, na posição de soldagem, e no tipo de corrente (CA ou CC). O sistema de classificação é elaborado para fornecer certas informações sobre o eletrodo e o metal de solda depositado (ESAB, 2005). Podemos identificar o significado das designações da AWS de acordo com a figura.

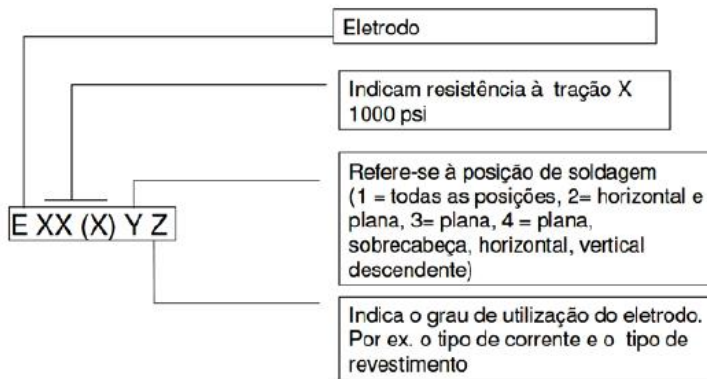


Figura 7 - Classificação do eletrodo para aço carbono AWS 5.1

Fonte: ESAB

#### Quadro 2 - Classificação dos eletrodos para aço carbono

Fonte ESAB

Classe	Corrente	Arco	Penetração	Revestimento-escória	Pó de ferro
EXX10	CC+	agressivo	profunda	celulósico-sódio	0-10%
EXX11	CA/CC+	agressivo	profunda	celulósico-potássio	0
EXX12	CA/CC-	médio	média	rutilico - sódio	0-10%
EXX13	CA/CC-/CC+	suave	leve	rutilico - potássio	0-10%
EXX14	CA/CC-/CC+	suave	leve	rutilico - pó de ferro	25-40%
EXX15	CC+	médio	média	baixo hidrogênio - sódio	0
EXX16	CA/CC+	médio	média	baixo hidrogênio - potássio	0
EXX18	CA/CC+	médio	média	baixo hidrogênio - pó de ferro	25-40%
EXX20	CA/CC-	médio	média	óxido de ferro - sódio	0
EXX22	CA/CC-/CC+	médio	média	óxido de ferro - sódio	0
EXX24	CA/CC-/CC+	suave	leve	rutilico - pó de ferro	50%
EXX27	CA/CC-/CC+	médio	média	óxido de ferro - pó de ferro	50%
EXX28	CA/CC+	médio	média	baixo hidrogênio - pó de ferro	50%
EXX48	CA/CC+	médio	média	baixo hidrogênio - pó de ferro	25-40%

O percentual de pó de ferro é baseado na massa do revestimento

Alguns cuidados devem ser observados para que os eletrodos mantenham suas características, garantindo suas propriedades físicas e químicas durante a soldagem. Para o armazenamento dos eletrodos revestidos, existem normas rígidas que padronizam a estocagem.

Uma vez que se trata de materiais higroscópio (absorvem umidade) o que faz necessário o uso de dispositivos e equipamentos para armazenamento e preparação como ressecagem, que é a retirada da umidade existente no material, além de impedir que mesmos absorvam a umidade existente no ar.

Os eletrodos devem estar embalados de forma a garantir a estanqueidade, a embalagem deve apresentar as seguintes informações legíveis e sem rasura:

- Marca comercial
- Especificação AWS
- Diâmetro do eletrodo
- Número da corrida
- Data de fabricação

A especificação AWS obriga que todos os eletrodos sejam identificados individualmente, definindo claramente sua classificação. O transporte interno não sendo a granel deve ser conduzido sobre pallets.

O armazenamento deve ser em local de temperatura acima de no mínimo 10° da temperatura ambiente, e igual ou superior a 20°. A umidade relativa do ar deve ser no máximo de 50%.

Para secagem ou estocagem utilizar estufas com prateleiras em forma de grade, para operação em campo, recomenda - se a utilização de estufas portáteis.

#### 1.4- Ensaio visual

O ensaio visual precede qualquer outro tipo de ensaio, o método é utilizado para inspeção de superfícies externas, para determinar se a junta atende os requisitos de qualidade exigidos.

O ensaio é uma importante ferramenta para o controle da qualidade, para o controle do processo de solda acontece em duas etapas, antes da soldagem e após. (FBTS 2009)

A inspeção antes da solda visa detectar a geometria da junta com auxílio de instrumentos e gabaritos para determinar se estão corretos, ângulos do chanfro, bisel,

montagem dos ajustes dos componentes que se deseja soldar, dimensão da abertura de raiz além de garantir que o metal de base esteja isento de contaminações de óleos graxas, oxidação, tinta.

Inspeção após a operação de soldagem tem por finalidade detecção de possíveis descontinuidades introduzidas na soldagem, seja dimensional ou estrutural limitando-se as que se apresentam superficialmente.

## 2.0 - Materiais e métodos

Para realização do estudo foi utilizado como método de pesquisa visita técnica em estaleiro, pesquisas bibliográficas e consulta em manuais técnicos. Para soldagem foi utilizado gerador como fonte de energia, maquina retificadora de solda, como material de adição foi utilizado eletrodo E 7018 ESAB para união das juntas.

As soldas foram realizadas em chapas de 3994 mm x 3993 mm x 12,55mm utilizadas na construção do equipamento, balsa graneleira de 62 m x 12m com capacidade de 2000 Toneladas.

*Fotografia 1 - Balsa Graneleira*



Fonte: Estaleiro Eram

## 2.1 - Acompanhamento de Soldagem

Para início da soldagem, foi realizada uma série de verificações visando evitar a introdução de descontinuidades no processo e garantia de segurança na operação, conforme AWS American Welding Society, norma que referenciou o procedimento de soldagem. Na inspeção prévia visou verificar as condições ambientais, condições dos equipamentos de soldagem, condição dos eletrodos utilizados. Inspeção da junta a ser soldada, preparação do chanfro, checagem da superfície da junta quanto à isenção de óleo, graxas e outros resíduos.

A soldagem foi realizada em posição plana, com ponteamento que consiste em efetuar cordões curtos e distribuídos entre as juntas para que mantenham a posição entre as peças e soldagem de canto.

## 3.0 Resultados e discussões

As visitas técnicas foram realizadas em 02/11/ 2018 e 10/11/2018 após a soldagem foi realizado o ensaio de inspeção visual, em aproximadamente 40000 mm de juntas soldadas foi identificado descontinuidade como porosidade, mordeduras, falta de deposição e falha no metal de base.

*Fotografia 2 - Porosidades*



Fonte: O autor

*Fotografia 3 - Mordedura*



Fonte: O autor

Fotografia 4 - Falta de penetração em junta de canto



Fonte: O autor

As descontinuidades detectadas nos pós soldagem, foram identificadas no equipamento e solicitado correção junto a produção.

O setor controle de qualidade junto ao setor produção atuaram de forma conjunta nas ações de prevenção.

- Porosidade: E causada em geral por técnicas equivocadas, (velocidade de soldagem excessiva, grande comprimento do arco, sem limpeza adequada do metal de base).
- Mordedura: Causas corrente elevada peça muito quente
- Falta de penetração: E causada por técnicas incorretas de soldagem (velocidade excessiva, preparação da junta, corrente baixa de mais, eletrodo com diâmetro grande demais).

### 3.1 Ações tomadas

Para os defeitos detectados foi observado que técnicas de soldagem empregadas, estavam equivocadas.

Porosidade agrupada dos poros, geralmente esse tipo de porosidade acontece na abertura e fechamento do arco elétrico, foi solicitado aos soldadores que efetuassem um pequeno passe a ré essa técnica permite refundir área do passe, evitando futuras descontinuidades desse tipo.

Mordedura foi detectada corrente elevada demais durante a soldagem uma pratica típica usada entre os soldadores para aumentar a deposição do metal de solda. Foram elaborados registros de treinamentos e conscientização quanto essa pratica

Falta de penetração ocorreu devido à preparação inadequada do chanfro, abertura excessiva da junta, o chanfro foi refeito.

### 4.0 – Conclusão

Mesmo com procedimentos bem especificados normatizações definidas o processo esta sujeito à introdução de descontinuidades, em especial o processo de soldagem por arco elétrico com eletrodo revestido por se trata de um processo de execução 100% manual, onde o conhecimento e habilidade dos soldadores é fator determinante na qualidade das soldas obtidas. Os entendimentos por parte dos colaboradores dos conceitos, técnicas e parâmetros de soldagem, permite a intervenção de forma eficaz na prevenção de defeitos, uma vez que no geral as descontinuidades são de causas simples em soldagem.

Aliado a esse conhecimento da mão de obra, faz necessários técnicas de controle da qualidade e o ensaio visual de soldagem é a ferramenta utilizada antes de qualquer outro ensaio que possa ser aplicado ao processo é de baixo custo e muito eficaz. Sua execução pode identificar descontinuidade em juntas soldas e a partir daí o profissional que atua na área de qualidade do setor de solda pode promover ações que eliminem e melhorem o processos, reduzindo custos e a integridade das estruturas soldadas.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS**

VILLANI P; MODENESI P; BRACARENSE A. Soldagem Fundamentos e Tecnologia. 3.º ed. Belo Horizonte: editora Ufmg 2014.

WAINER E; BRANDI S; MELLO F. Soldagem processos e metalurgia. 4º ed São Paulo: editora Edgard Bucher 2004.

FUNDAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DA SOLDAGEM. Curso Inspetor de Soldagem 2º ed Rio de Janeiro 2013.

ESAB. Apostila de Eletrodo Revestido 3º ed São Paulo 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS Descontinuidades e Inspeção em Juntas Soldadas. Belo Horizonte: 2001