

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**JONES GONÇALVES DA SILVA  
RODRIGO BONAFÉ DA SILVA ABIFADEL HAIK**

**A IMPORTÂNCIA DOS PROCEDIMENTOS  
E PROCESSOS DE SOLDAGEM EM  
CORRENTETRANSPORTADORA COM  
ABA**

**TAUBATÉ-SP  
2023**

**JONES GONÇALVES DA SILVA**  
**RODRIGO BONAFÉ DA SILVA ABIFADEL HAIK**

**IMPORTÂNCIA DOS PROCEDIMENTOS E  
PROCESSOS DE SOLDAGEM EM  
CORRENTETRANSPORTADORA COM  
ABA**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Me. Maria Regina Hidalgo De Oliveira Lindgren

Coorientadora: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren

Profª convidado: Prof. Dr. José Carlos Sávio De Souza

**Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi  
Universidade de Taubaté - Unitau**

S586i Silva, Jones Gonçalves da  
A importância dos procedimentos e processos de soldagem em corrente transportadora com aba. / Jones Gonçalves da Silva, Rodrigo Bonafé da Silva Abifadel Haik. -- 2023.  
46 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2023.

Orientação: Profa. Ma. Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica.

Coorientação: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Procedimento. 2. Processo. 3. Corrente. 4. Soldagem. 5. Qualidade. I. Rodrigo Bonafé da Silva Abifadel Haik. II. Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica. Graduação em Engenharia Mecânica. II. Título.

CDD – 620.1

Ficha elaborada por **Angelita dos Santos Magalhães – CRB-8/6319**

JONES GONÇALVES DA SILVA  
RODRIGO BONAFÉ DA SILVA ABIFADEL HAIK

**A IMPORTÂNCIA DOS PROCEDIMENTOS E PROCESSOS DE SOLDAGEM EM  
CORRENTE TRANSPORTADORA COM ABA**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

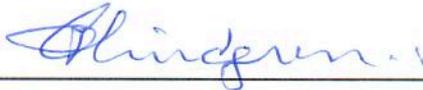
DATA: 10/11/2023

RESULTADO: APROVADO

**BANCA EXAMINADORA:**

Profª Me. Maria Regina Hidalgo O.Lindgren

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: 

Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: 

Prof. Me. José Carlos Sávio De Souza

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: 

Taubaté, 10 de novembro de 2023

Taubaté, 10 de NOVEMBRO de 2023

Dedico este trabalho aos meus pais Antônio Gonçalves da Silva mãe Marli de Fatima  
Ferreira minha Esposa Carla Cristina Moreira Goncalves da Silva e meus filhos  
Larissa Leticia e Daniel.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que iluminou o meu caminho nesta caminhada. Gostaria de agradecer aos meus pais, que desde sempre foram ótimos pais, professores e orientadores, me educando, apoiando e criticando durante toda a vida, e dessa maneira me fizeram ser tudo que sou hoje.

Acima de tudo, minha família esposa e filhos por sempre terem me apoiado e me incentivado a nunca desistir dos meus sonhos. Vocês são tudo na minha vida!

Agradeço a todos os colaboradores da empresa Daido, por todo o aprendizado e experiência profissional que me passaram durante todos os dias de trabalho.

Meu muito obrigado a todos!

## RESUMO

O presente trabalho tem como tema o estudo do procedimento e do processo de soldagem de abasem correntes transportadoras. Para tanto, objetivou-se analisar a importância que a qualidade da solda apresentara sobre o produto final. Nesse sentido, foram elaborados os seguintes objetivos específicos: correntes transportadoras e suas diversas aplicações; solda MIG/MAG; defeitos do metal de solda; noções sobre a especificação (AWS); documentos técnicos (EPS, RQP e RQS). O objetivo geral deste trabalho foi apresentar um estudo de caso realizado em uma fábrica de fabricação de correntes tranportadoras, relacionado ao problema da quebra de uma solda em uma de suas correntes, onde serão contextualizadas as práticas e metodologias utilizadas para solucionar o problema em questão. O objetivo e analisar o motivo da quebra da solda e na corrente e verificar qual e o melhor parametro a ser usado para resolver o poblema usando testes e analizes das amostras do corpo de prova para avaliação do seu ZTA no qual a dureza encontrada tem que ser menor ou igual a dureza do metal base.

**Palavras-chave:** Procedimento. Processo. Corrente. Soldagem. Qualidade.

## **ABSTRACT**

The present work has as its theme the procedure and process of welding flaps on conveyor chains. To this end, the objective was to analyze the importance that the quality of the weld had on the final product. In this sense, the following specific objectives were developed: conveyor chains and their various applications; MIG/MAG welding; weld metal defects; understanding the specification (AWS); technical documents (EPS, RQP and RQS). The general objective of this work was to present a case study carried out in a conveyor chain manufacturing factory, related to the problem of a weld breaking in one of its chains, where the practices and methodologies used to solve the problem in question will be contextualized. The objective is to analyze the reason for the breakdown of the weld and the current and verify which is the best parameter to be used to solve the problem using tests and analyzes of the test specimen samples to evaluate its ZTA in which the hardness found has to be less than or equal to the hardness of the base metal.

**KEYWORDS:** Procedure. Process. Chain. Welding. Quality.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b>	– FLUXOGRAMA DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM	20
<b>FIGURA 2</b>	– SOLDAGEM MIG-MAG	21
<b>FIGURA 3</b>	– CORRENTE TRANSPORTADOR COM ABA SOLDADA	25
<b>FIGURA 4</b>	– PINTURA DE LEONARDO DA VINCI	29
<b>FIGURA 5</b>	– O COQUI (DESENHO) DE CORRENTE DE ROLOS	29
<b>FIGURA 6</b>	– AMOSTRA DE CORRENTE DE TRANSMISSÃO	31
<b>FIGURA 7</b>	– CORRENTES AGRÍCOLAS	32
<b>FIGURA 8</b>	– CORRENTE DE PASSO LONGO	32
<b>FIGURA 9</b>	– CORRENTES TRANSPORTADORAS	33
<b>FIGURA 10</b>	– EQUIPAMENTO ELEVADOR DE CAÇAMBA	34
<b>FIGURA 11</b>	– EQUIPAMENTO TRANSPORTADOR DE CORRENTE	36
<b>FIGURA 12</b>	– EQUIPAMENTO TRANSPORTADOR	36
<b>FIGURA 13</b>	– CONSTRUÇÃO DE UMA CORRENTE COM ABA	37
<b>FIGURA 14</b>	– PINO	38
<b>FIGURA 15</b>	– ELO INTERNO	39
<b>FIGURA 16</b>	– BUCHA	39
<b>FIGURA 17</b>	– TIPOS DE ROLOS EXISTENTES	40
<b>FIGURA 18</b>	– ROLO TIPO F	41
<b>FIGURA 19</b>	– PLACA	41
<b>FIGURA 20</b>	– CORRENTE COM ABA SOLDADA	42
<b>FIGURA 21</b>	– CORRENTE COM TRINCA NA REGIÃO DA SOLDA	43
<b>FIGURA 22</b>	– MACOGRAFIA - ESTRUTURA DO MATERIAL	44
<b>FIGURA 23</b>	– EXEMPLO DE UMA EPS	45
<b>FIGURA 24</b>	– AMOSTRA PARA ANALISE	46

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

MIG	Metal inert gás
MAG	Metal active gás
AWS	Sociedade americana de soldagem
EPS	Especificação de procedimento de soldagem
RQP	Registro de qualificação procedimento de soldagem
RQS	Registro de qualificação do soldador
C.V.	Cavalo potência
DIN	Instituto alemão para normatização

**SUMÁRIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O principal foco das empresas está diretamente associada à qualidade do produto final, com isso deve-se dar uma grande atenção aos processos e procedimentos de fabricação do produto. As correntes são usadas em uma grande variedade de aplicações, tendo três campos básicos, o de transmissão de potência, elevação e transporte de materiais, com grande aceitação em função da variedade existente e já padronizada, e ainda, pela facilidade de desenvolvimento e adaptação para situações específicas.

Na fabricação das correntes transportadoras assim como na maioria das situações que se necessita fazer a união entre componentes é empregado o processo de soldagem, com grande sucesso, principalmente pela grande flexibilidade dos processos, a qual é necessária para a fixação dos aditamentos, que são componentes das correntes transportadoras e para elevação que servem para fixação de bandejas, taliscas, canecas, arrastadores, etc.

A soldagem dos aditamentos para fixação das taliscas é um dos parâmetros importantes na construção da corrente. Esta solda, quando executada sem um procedimento qualificado, pode falhar e gerar muitos problemas operacionais nos transportadores. Os modos de falha mais comum são a falta de fusão e o seu mau dimensionamento, facilitando o destacamento dos aditamentos e permitindo que as taliscas se soltem. É muito interessante que se exija um procedimento qualificado e que se façam pelo menos inspeções visuais e dimensionais destas soldas.

Processo de união de materiais – particularmente os diversos tipos de metais, com as mais variadas propriedades físicas e químicas –, a solda é o elemento imprescindível da indústria moderna. E teve um papel importante na evolução do mundo, desde que o homem começou a forjar metais. Mais de 50 processos diferentes de soldagem são utilizados intensivamente no setor industrial, desde a ourivesaria e a microeletrônica à construção de plataformas, gasodutos, pontes, edifícios e outras grandes estruturas. Da fabricação de peças, máquinas e equipamentos a praticamente todos os tipos de meios de transporte utilizados pelo homem moderno, de bicicletas e automóveis a trens, aviões, submarinos e navios. Enfim, onde há metal, há necessidade de solda. Difícil dizer a participação da solda no produto interno bruto de um país. Mas que ela está presente em todos os segmentos ninguém nega. Por seu papel-chave, ainda que discreto, na evolução da indústria, há quem diga que este processo é a verdadeira ‘solda da tecnologia’.

O objetivo geral desse trabalho foi apresentar um estudo de caso realizado em uma fábrica de fabricação de correntes transportadoras, relacionado ao problema da quebra de uma solda em uma de suas correntes. Nele, foram contextualizadas as práticas e metodologias utilizadas para solucionar o problema em questão.

O objetivo era analisar a causa da quebra da solda na corrente e determinar os melhores parâmetros a serem utilizados para resolver o problema, por meio de testes e análises das amostras do corpo de prova. A avaliação do ZTA (zona termicamente afetada) era crucial, e a dureza encontrada tinha que ser igual ou menor que a dureza do metal base. Esse estudo foi delimitado apenas à análise das amostras e dos testes descritos nos documentos EPS, RQP e RQS, com o intuito de melhorar o processo.

Este estudo foi de grande relevância, não apenas para o aprimoramento das correntes transportadoras, mas também para qualquer outra corrente fabricada pela empresa. Isso foi essencial para assegurar a produção de correntes com alta qualidade e durabilidade em seu respectivo setor de aplicação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Casagrande (2009) - Os métodos de união de metais podem ser divididos em duas categorias principais, isto é, aqueles baseados no aparecimento de forças mecânicas macroscópicas entre as partes a serem unidas e aqueles baseados em forças microscópicas (interatômicas ou intermoleculares). No primeiro caso, do qual são exemplos a parafusagem e a rebiteagem, a resistência da junta é dada pela resistência ao cisalhamento do parafuso ou rebite, mais as forças de atrito entre as superfícies em contato. No segundo caso, a união é conseguida pela aproximação dos átomos e moléculas das partes a serem unidas, ou destas e um material intermediário, até distâncias suficientemente pequenas para a formação de ligações metálicas e de Van der Waals. Como exemplos desta categoria citam-se: a soldagem, a brasagem e a colagem.

A soldagem é o mais importante processo industrial de fabricação de peças metálicas. Processos de soldagem ou processos afins são também utilizados na recuperação de peças desgastadas, para a aplicação de revestimentos de características especiais sobre superfícies metálicas e para corte. O sucesso da soldagem está associado a diversos fatores e, em particular, com a sua relativa simplicidade operacional. Por outro lado, apesar desta simplicidade, não se pode esquecer que a soldagem pode ser muitas vezes um processo “traumático” para o material, envolvendo, em geral, a aplicação de uma elevada densidade de energia em um pequeno volume do material, o que pode levar a alterações estruturais e de propriedades importantes dentro e próximo da região da solda. Define-se soldagem como sendo a associação permanente de dois metais, por sua passagem local ao estado líquido ou pastoso com adição ou não. O processo de soldagem teve seu grande impulso durante a II Guerra Mundial, devido à fabricação de navios e aviões soldados, apesar de o arco elétrico ter sido desenvolvido no século XIX (Casagrande, 2009).

Os processos de soldagem são utilizados para fabricar produtos e estruturas metálicas, aviões e veículos espaciais, navios, locomotivas, veículos ferroviários e rodoviários, pontes, prédios, oleodutos, gasodutos, plataformas marítimas, reatores nucleares e periféricos, trocadores de calor, utilidades domésticas, componente eletrônicos etc. (Casagrande, 2009).

### **3 METODOLOGIA**

A pesquisa desenvolvida foi o método de Exploratório – Estudo de Caso e Revisão Bibliográfica, sendo apresentado um estudo de caso realizado em uma fábrica de fabricação de correntes transportadoras, relacionado ao problema da quebra de uma solda em uma de suas correntes. Nele, foram contextualizadas as práticas e metodologias utilizadas para solucionar o problema em questão.

Os artigos pesquisados foram publicados nos últimos dez anos.

Os locais de buscas foram todos eletrônicos através de sites.

Palavras Chave: Procedimento. Processo. Corrente. Soldagem. Qualidade.

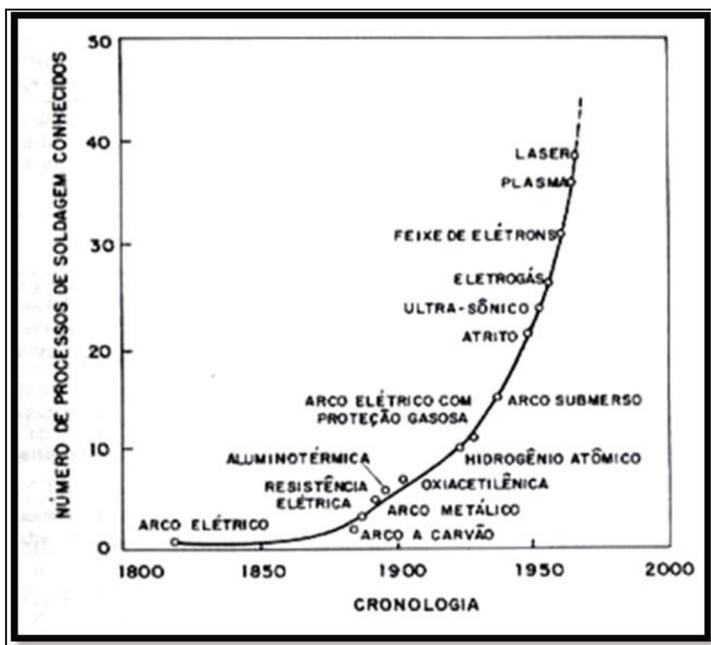
## 4 DESENVOLVIMENTO

Podem-se dividir os processos de soldagem em dois grandes grupos: por fusão e por pressão.

**POR FUSÃO** Energia é aplicada para produzir calor capaz de fundir o material de base. Diz-se neste caso que a solubilização ocorre na fase líquida que caracteriza o processo de soldagem por fusão. Assim, na fusão, a soldagem é obtida pela solubilização na fase líquida das partes a unir, e subseqüentemente, da solubilização da junção (CIMM, 2022).

**POR PRESSÃO** Energia é aplicada para provocar uma tensão no material de base, capaz de produzir a solubilização na fase sólida, caracterizando a soldagem por pressão. Há casos onde não é nítida a diferença da soldagem por fusão e por pressão (CIMM, 2022).

Figura 1 – Fluxograma dos processos de soldagem



FONTE – CIMM (2022).

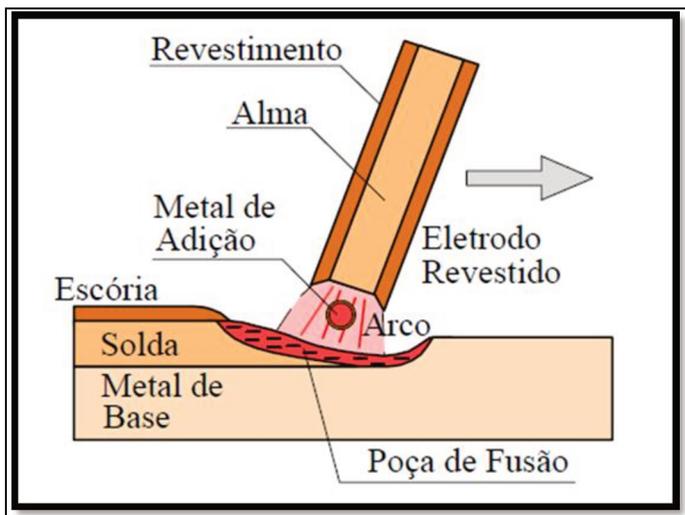
Os métodos de união de metais podem ser divididos em duas categorias principais, isto é, aquelas baseadas no aparecimento de forças mecânicas macroscópicas entre as partes a serem unidas e aquelas baseadas em forças microscópicas (interatômicas ou intermoleculares). No primeiro caso, do qual são exemplos a parafusagem e a rebiteagem, a resistência da junta é dada pela resistência ao cisalhamento do parafuso ou rebite, mais as forças de atrito entre as superfícies em contato. No segundo caso, a união é conseguida pela aproximação dos átomos e moléculas das partes a serem unidas, ou destas e um material intermediário, até distâncias superficialmente pequenas para formação de ligações

metálicas e de Van der Waals. Como exemplo desta categoria cita-se a soldagem, a brasagem e a colagem (CIMM, 2022).

Processo de soldagem a arco elétrico com eletrodo consumível sob proteção gasosa, que utiliza como eletrodo um arame maciço e como proteção gasosa um gás inerte (MIG) ou um gás ativo (MAG). Observando a figura nota-se que no processo Mig-Mag o arame eletrodo não possui revestimento. Isso se dá por conta do gás de proteção, que tem a função de proteger a poça de fusão do ar atmosférico exercendo uma das funções do revestimento.

A pistola de soldagem incorpora um cabo destinado a transportar a corrente elétrica, um conduto para direcionar o arame-eletrodo e um tubo para conduzir o gás. A principal vantagem da soldagem no método Mig-Mag é a sua alta produtividade, graças ao uso de um rolo de arame-eletrodo que possibilita a deposição constante de metal, sem pausas. Os gases inertes (Argônio, Hélio, etc.) têm a função somente de proteger a poça de fusão, enquanto que os gases ativos (Oxigênio, Dióxido de Carbono, etc.) já influenciam na soldagem (Solci, 2019).

Figura 2 - Soldagem MIG-MAG.



**FONTE** – Solci, 2019.

O processo MIG é adequado à soldagem de aços-carbono, aço de baixa, média e alta liga aços inoxidáveis, alumínio, ligas de magnésio e ligas de cobre. O processo MAG é utilizado na soldagem de aços de baixo carbono e aços de baixa liga (Solci, 2019).

O processo de soldagem MIG/MAG é conhecido por produzir soldas de alta qualidade quando utilizado com o devido procedimento de soldagem. Diferentemente de outros processos que empregam fluxo, a probabilidade de inclusão de escória é mínima, assemelhando-se mais ao processo de arco submerso. No entanto, é importante salientar que no arco submerso, se a limpeza com interpasse não for realizada de maneira adequada,

pode ocorrer a inclusão de uma escória vítrea característica desse processo. Vale destacar que a presença de hidrogênio na solda é praticamente inexistente (Solci, 2019).

A soldagem MIG/MAG é um processo de união de materiais que se adapta a diversas posições, com a escolha do eletrodo e dos gases desempenhando um papel crucial. Essa técnica é versátil o suficiente para soldar a maioria dos tipos de metais e até mesmo para aplicar revestimentos protetores na superfície. Além disso, é capaz de unir materiais com espessuras superiores a 0,5mm por meio da transferência de curto-circuito. A taxa de deposição pode atingir até 15 Kg/h, dependendo do tipo de eletrodo, do modo de transferência e dos gases utilizados (Solci, 2019).

Segundo Modenesi et al, algumas vantagens e limitações da MG/MAG:

Vantagens:

- Processo semi-automático bastante versátil, podendo ser adaptado facilmente para a soldagem automática;
- O eletrodo nu é alimentado continuamente;
- A soldagem pode ser executada em todas as posições;
- A velocidade de soldagem é elevada;
- Taxa de deposição elevada devido á altas densidades na ponta do arame;
- Não há formação de escória e, conseqüentemente, não se perde tempo na sua remoção, nem se corre o risco de inclusão de escória na soldagem em vários passes;
- Penetração de raiz mais uniforme que no processo com eletrodo revestido;
- Processo com baixo teor de hidrogênio que, no caso de eletrodos nus, fica ao redor de 5ppm/100g de metal;
- Problemas de distorção e tensões residuais diminuídos;
- Soldagem com visibilidade total da poça de fusão;
- Possibilidade de controlar a penetração e a diluição durante a soldagem;
- Facilidade de execução da soldagem;
- O soldador pode ser facilmente treinado para soldar em todas as posições.

Limitações:

- Maior velocidade de resfriamento por não haver escória, o que aumenta a ocorrência de trincas, principalmente no caso de aços temperados;
- A soldagem deve ser protegida de correntes de ar;
- Como o bocal da pistola precisa ficar próximo do metal-base acaba dificultando a operação em locais fechados ;
- Projeções de respingos durante a soldagem;
- Grande emissão de raios ultravioleta;

- Equipamento de solda mais caro e complexo que o do processo com eletrodo revestido;
- Equipamento menos portátil que o do processo com o eletrodo revestido.

Conforme Alves et al (2017), essa especificação da American Welding Society (AWS) foi desenvolvida ao longo dos anos por um comitê composto de membros que representam os fabricantes de consumíveis, usuários da indústria de soldagem e membros independentes de universidades e laboratórios.

Os materiais de adição são categorizados de acordo com a composição química do metal depositado e o processo de soldagem. As especificações estabelecem os critérios que os consumíveis devem atender com base em sua aplicação. Para se enquadrar em uma especificação da AWS, os consumíveis devem atender a requisitos específicos, como:

- Propriedades mecânicas do metal depositado;
- Composição química do metal depositado;
- Sanidade do metal depositado.

Alves et al (2017), destaca que esta especificação AWS estabelece as condições de testes para os consumíveis a serem realizados pelo fabricante, a fim de verificar se a solda produzida apresenta as propriedades mecânicas mínimas exigidas. Desta forma, a especificação além de classificar os consumíveis, determina que os mesmos atendam os requisitos de:

- Fabricação;
- Critérios de aceitação;
- Composição química do metal depositado;
- Propriedades mecânicas do metal depositado;
- Exame radiográfico do metal depositado;
- Embalagem;
- Identificação;
- Garantia.

Por outro lado, a classificação da AWS está ligada a um consumível e oferece dados aproximados sobre algumas de suas propriedades mecânicas, bem como sua composição química e características distintivas. Em resumo, a classificação atribui ao consumível uma designação lógica que facilita sua identificação e destaca suas principais características.

Exemplo AWS A5.18 – Classificação dos Metais de Adição de Aços ao Carbono para Soldagem a Arco com Gás de Proteção

E R XX S - X

1 2 3 4 5

Dígito 1 – a letra E designa um eletrodo;

Dígito 2 – a letra R designa uma vareta;

Dígito 3 – esses dígitos em número de dois ou três indicam o limite de resistência à tração mínimo do metal de solda em “Ksi”;

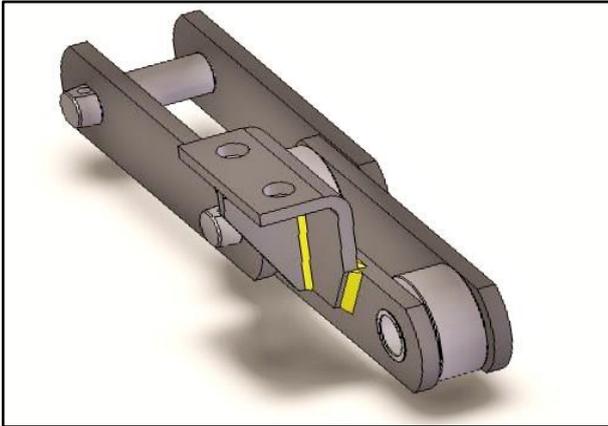
Dígito 4 – a letra S designa vareta ou arame sólido;

Dígito 5 – indica a composição química.

Na fabricação de corrente transportador existem vários tipos de processos para a fabricação dos componentes/itens e montagem da corrente, todas com sua devida importância e característica. A soldagem dos aditamentos para fixação das taliscas é um parâmetro importante. Esta solda, quando mal executada e sem um procedimento qualificado, gera um grande risco de falha, podendo quebrar a solda e gerar acidentes caso as taliscas se soltem. É muito importante que se exija um procedimento qualificado por meio dos documentos EPS, RQP e RQS, e que se façam inspeções (Alves et al, 2017).

No processo de soldagem de correntes com abas é mais comum utilizarem a solda MIG/MAG, devido ao seu desempenho notável na produção, que inclui alta velocidade de soldagem, baixo custo de produção, a capacidade de soldagem em todas as posições, a obtenção de cordões de solda com excelente acabamento, soldas de qualidade superior e operação fácil. Para diversas aplicações, as normas relevantes exigem que, antes da execução da solda os soldadores precisam conhecer as especificações e procedimentos que serão adotados para uma boa regulagem do equipamento a ser usado na execução. Este processo visa demonstrar que, através do procedimento proposto, proverão soldas adequadas, de acordo com os requisitos colocados pela norma ou estabelecidos em contrato, possam ser obtidas. Além disto, ele permite uniformizar e manter registro das condições (Alves et al, 2017).

Figura 3 - Corrente transportador com aba soldada



**FONTE** – Alves et al, 2017.

Especificadas de soldagem para controle do processo e eventual determinação de causas de falha. A Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS) é um documento no qual os valores permitidos de diversas variáveis do processo estão registrados para serem adotados, pelo soldador ou operador de soldagem, durante a fabricação de uma dada junta soldada. Variáveis importantes de um procedimento de soldagem e que, portanto, podem fazer parte de uma EPS incluem, por exemplo, a composição, classe e espessura do(s) metal(is) de base, processo(s) de soldagem, tipos de consumíveis e suas características, projeto da junta, posição de soldagem, temperatura de pré-aquecimento e entre passes, corrente, tensão e velocidade de soldagem, aporte térmico, número aproximado de passes e técnica operatória. Naturalmente, a forma exata de uma dada Especificação de Procedimento de Soldagem e as variáveis por ela consideradas dependem da norma técnica que está sendo aplicada.

Para que possa ser utilizada na produção, uma EPS deve ser previamente qualificada. Para isto, amostras adequadas devem ser preparadas e soldadas de acordo com a EPS. Corpos de prova devem ser retirados destas amostras e testados como por exemplo teste de dureza, os resultados destes testes devem ser avaliados e, com base nos requerimentos estabelecidos pela norma, projeto ou contrato, o procedimento deve ser aprovado ou rejeitado (neste caso podendo ser convenientemente modificado e testado novamente).

Os testes que serão realizados na qualificação de uma EPS, assim como o seu número, dimensões e posição no corpo de prova, dependem da aplicação e da norma considerada. Como testes, que podem ser requeridos, pode-se citar:

- Ensaio de dobramento,
- Ensaio de tração,
- Ensaio de impacto (ou outro ensaio para determinação de tenacidade),

- Ensaio de dureza,
- Macrografia,
- Ensaios não destrutivos (por exemplo, Lp 100%), e
- Testes de corrosão.

Os resultados dos testes devem ser colocados em um Registro de Qualificação de Procedimento (RQP) o qual deve ser referido pela EPS, servindo como um atestado de sua adequação aos critérios de aceitação estabelecidos. Enquanto os originais da EPS e RQP devem permanecer guardados, cópias da EPS já qualificada devem ser encaminhadas para o setor de produção e colocadas próximas das juntas que serão fabricadas de acordo com a EPS. Durante a fabricação, os valores indicados na EPS deverão ser seguidos (Invista, 2018).

Inspeções periódicas são realizadas para verificar que o mesmo está ocorrendo. Dependendo do serviço a ser executado, um grande número de juntas soldadas pode vir a exigir qualificação. Nessas circunstâncias, a certificação pode acarretar custos significativos e exigir um período prolongado para sua realização. Assim, a utilização, quando possível, de procedimentos de soldagem previamente qualificados, juntamente com a facilidade de acessar estes procedimentos (em um banco de dados) e selecioná-los de acordo com os critérios dos códigos que estão sendo usados, é uma importante estratégia para manter a própria competitividade da empresa. Existem disponíveis atualmente programas de computador específicos para o armazenamento e seleção de procedimento de soldagem (Invista, 2018).

Para diversas aplicações, o soldador (ou operador) precisa demonstrar, antes de poder realizar um dado tipo de soldagem na produção, que possui a habilidade necessária para executar aquele serviço, isto é, ele precisa ser qualificado de acordo com os requisitos de um dado código. Para isto, ele deverá soldar corpos de prova específicos, sob condições preestabelecidas e baseadas em uma EPS qualificada ou em dados de produção. Estes corpos de prova serão examinados para se determinar sua integridade e, desta forma, a habilidade de quem o soldou. Como é impossível avaliar o soldador em todas as situações possíveis de serem encontradas na produção, o exame de qualificação geralmente engloba uma determinada condição de soldagem e não uma situação específica (tal como a qualificação para a soldagem em uma determinada posição com um dado processo).

Segundo o código ASME, as variáveis que determinam a qualificação de um soldador são:

- Processo de soldagem,
- Tipo de junta,
- Posição de soldagem,

- Tipo de eletrodo,
- Espessura da junta, e
- Situação da raiz.

Ensaaios comumente usados na qualificação de soldador (ou operador) incluem, por exemplo, a inspeção visual da junta, ensaio de dobramento, macrografia, radiografia e ensaios práticos de fratura. Os resultados dos testes de qualificação são colocados em um documento chamado Registro de Teste de Qualificação de Soldador (Invista, 2018).

Como no caso de procedimentos de soldagem, a manutenção de uma equipe de soldadores devidamente qualificada para os tipos de serviços que a empresa realiza, é um importante fator para manter a competitividade desta. Portanto, o desenvolvimento de programas para o treinamento e aperfeiçoamento constante da equipe de forma a atender as demandas dos diferentes códigos e clientes não deve relegado a um segundo plano de prioridades (Invista, 2018).

Segundo Santos (2018), as qualificações de procedimento de soldagem e de soldador (ou operador) fazem parte do sistema de garantia da qualidade em soldagem. Este controle engloba diversas outras atividades apresentando uma maior ou menor complexidade em função de cada empresa, seus objetivos e clientes e do serviço particular. Em geral, três etapas podem ser consideradas:

1. Controle antes da soldagem, que abrange, por exemplo, a análise do projeto, credenciamento de fornecedores ou controle da recepção de material (metal de base e consumíveis), qualificação de procedimento e de soldadores, calibração e manutenção de equipamentos de soldagem e auxiliares.

2. Controle durante a soldagem, que inclui o controle dos materiais usados (ex.: controle da armazenagem e utilização de eletrodos básicos), da preparação, montagem e ponteamento das juntas e da execução da soldagem.

3. Controle após soldagem, que pode ser realizado através de inspeções não destrutivas e de ensaios destrutivos de componentes selecionados por amostragem ou de corpos de prova soldados juntamente com a peça.

Como acontece em todos os itens de uma corrente, existem vários processos de fabricação com uma seqüência de fases que devem ser seguidas conforme um plano da qualidade.

Engenharia – Liberação do desenho para fabricação, com as suas respectivas especificações, com a identificação da EPS e simbologia de solda da peça a ser soldada.

#### 2ª Fase

Engenharia – Elaboração e divulgação da EPS, RQP e RQS

#### 3ª Fase

Caldeiraria – Soldar corpo de prova conforme desenho e a EPS liberada pela Engenharia, encaminhar o mesmo para o setor Controle da Qualidade para análise. Esperar a aprovação do Controle da Qualidade para iniciar o processo.

#### 4ª Fase

Controle da Qualidade – Fazer análise do corpo de prova em relação às especificações da EPS. Qualificar o processo e o soldador para execução do processo de soldagem.

#### 5ª Fase

Caldeiraria – Com a aprovação do corpo de prova pode-se dar continuidade no processo de fabricação de soldagem da aba na corrente.

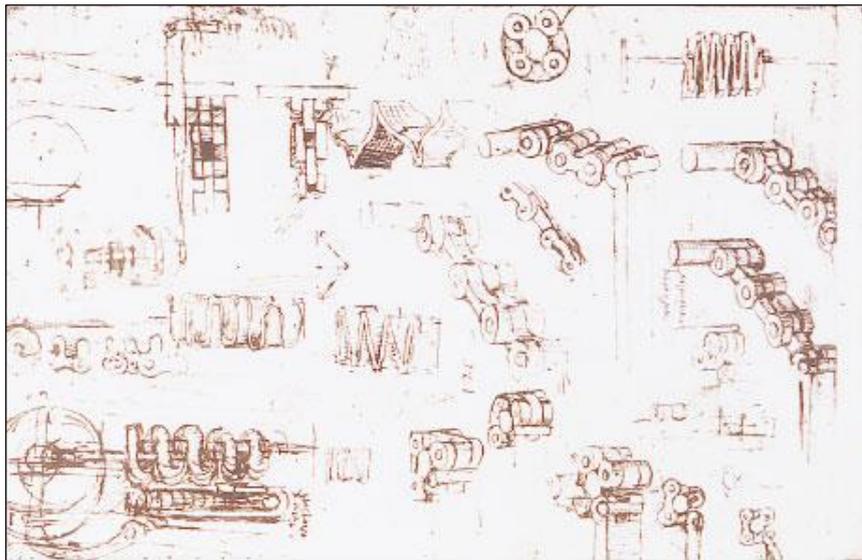
Um dos mais antigos modos de transmissão de potência e transporte de material conhecido pelo homem. A primeira aparição das correntes deve-se a Leonardo da Vinci, pois no século XVI, entre os seus projetos foi encontrado um desenho muito semelhante às corrente modernas.

Figura 4 - Pintura de Leonardo da Vinci



**FONTE:** São Raphael, 2022.

Figura 5 - O croqui (desenho) de corrente de rolos, Leonardo da Vinci



**FONTE:** São Raphael, 2022.

Antes de 1800, já havia projetos para se transmitir força em máquinas ou elevar materiais; em 1830 um tipo primitivo foi usado para transmitir força. Em 1873 uma nova corrente de elos fundidos (São Raphael, 2022).

substituiu a anterior resolvendo problemas da primeira, permitindo a montagem e desmontagem dos elos. A partir desta, a mecanização desenvolveu-se de forma que os elos foram alterados para funcionar como transportadores com o auxílio de “apêndices” (canecas, asas, madeiras, etc.), e outros que poderiam ser acoplados, começando a evolução da corrente moderna, como a corrente “Confiança”, que apresentava um cilindro oco e pino de aço. Posteriormente vieram outras modificações como alteração nos passos

e na largura, acréscimo de buchas de aços, rolos fundidos de outras. Por volta do ano de 1900 estas mudanças evoluíram da simples corrente destacável para um sistema de correntes fundidas para transmissão, elevadores e transportadores. Uma década depois surgiu uma corrente totalmente de aço, ligeiramente modificada, e que hoje conhecemos como “Corrente de Rolo para Transmissão” ou “Corrente de Rolos”. Porém, devido a sua primeira utilização, ficou também conhecido por “Corrente de Bicicleta” (São Raphael, 2022).

Atualmente, após constantes melhorias, as correntes de transmissão atendem as necessidades de maquinaria de construção, mineração, equipamentos agrícolas, de perfuração, e outros de precisão tais como impressoras, máquinas embaladoras, máquinas de refrigerantes e muitas outras (São Raphael, 2022).

Um pouco antes do início deste século, com o objetivo de cobrir um vácuo entre as correntes fundidas e as de transmissão, desenvolveu-se a corrente especial, que era a mistura das duas, ou seja, passo equivalente ao das fundidas e componentes de aço, como nas de transmissão. Tamanhos maiores foram sendo produzidas, como medida do passo seguindo as divisões normalizadas de “pé”, isto é, 12 polegadas, tornando-se mais comuns aquelas com passo de 4”, 6”, 9”, 12” (São Raphael, 2022).

As correntes são elementos de transmissão, geralmente metálicos, constituídos de uma série de componentes (placas, pinos, buchas e rolos) montados em perfeita harmonia. Existem umas grandes variedades de aplicações, tendo três campos básicos, o de transmissão de potência, elevação e transporte de materiais, com grande aceitação em função da variedade existente e já padronizada, e ainda, pela facilidade de desenvolvimento e adaptação para situações específicas (São Raphael, 2022).

As correntes são uma opção de transmissão quando o torque envolvido no projeto não é suportado por uma transmissão de correias, quando o sistema não admite escorregamento na transmissão ou quando existe uma solicitação especial, como o transporte de materiais com a utilização de aditamentos para correntes (São Raphael, 2022).

A corrente de rolo é tão versátil quanto as correias, tão eficaz quanto as engrenagens de módulo e oferece confiabilidade e facilidade de instalação em uma ampla gama de aplicações, desde transmissões industriais simples até as exigentes condições de operação encontradas no acionamento de sondas para prospecção de petróleo. Ela traz consigo as seguintes vantagens:

- As correntes de rolo não escorregam, ou seja, mantêm constante a relação de transmissão;
- Rendimento da transmissão de 98% se mantém ao longo de toda sua vida útil;
- Versatilidade de operação com eficiência em vários ambientes de trabalho;
- Absorvem choques, sua elasticidade mais a película de óleo entre seus componentes, reduzem os efeitos de choques e impactos;

- Leves e compactas, com menor espaço e peso por potência (C.V.) transmitido;
- Maior durabilidade, pois a distribuição de carga entre os vários dentes da engrenagem garante longa vida útil a corrente;

As correntes transmitem força e movimento que fazem com que a rotação do eixo ocorra nos sentidos horários e anti-horários. Para isso, as engrenagens devem estar num mesmo plano. Os eixos de sustentação das engrenagens ficam perpendiculares ao plano. O rendimento da transmissão de força e de movimento vai depender diretamente da Posição das engrenagens e do sentido da rotação (São Raphael, 2022).

Norma Americana (ASA): Essas correntes foram desenvolvidas para equipamentos que experimentam forças de tração consideráveis. Para resistir a essas forças, as placas nas correntes seguindo a norma ASA são mais resistentes e robustas. Elas são comumente empregadas na transmissão de máquinas industriais (Air Cyclo, 2022).

Norma Europeia (DIN): Estas correntes foram desenvolvidas para atender às necessidades de equipamentos que exigem alta precisão na transmissão de movimento, incluindo sincronismo. Por essa razão, os pinos das correntes de acordo com a norma DIN são geralmente mais robustos. Elas são amplamente empregadas em aplicações principais, como máquinas gráficas, equipamentos da indústria alimentícia e máquinas de embalagem (Air Cyclo, 2022).

Figura 6 - Amostra de Corrente de transmissão

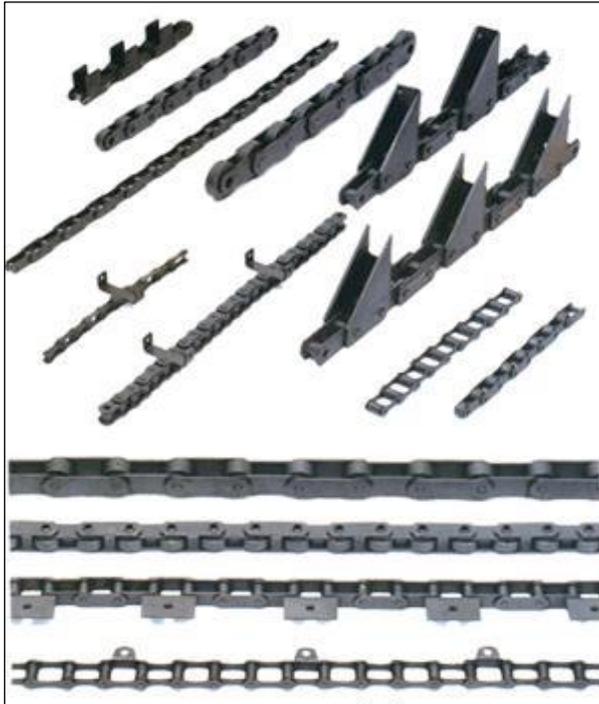


**FONTE** : Air Cyclo, 2022.

Devido à necessidade de atender aos requisitos técnicos mais rigorosos dos equipamentos modernos e à busca por maior produtividade, as correntes agrícolas contemporâneas foram projetadas para substituir as antigas correntes estampadas e flexíveis anteriormente utilizadas em máquinas agrícolas. Essas correntes são fabricadas com os mesmos tipos de aços e submetidas aos mesmos tratamentos técnicos que as correntes de rolo de precisão. Além de sua função principal na transmissão de máquinas, essas correntes são amplamente empregadas no transporte em colheitadeiras

automotrizes, plantadeiras, ensiladeiras etc (Minas Correntes, 2020).

Figura 7 - Correntes agrícolas.



**FONTE:** Minas Correntes, 2020.

Derivada da corrente norma ASA difere pelo fato de ter o passo duplo, sendo que pinos, buchas e rolos mantêm as mesmas dimensões das correntes correspondentes. Devido ao seu custo econômico a corrente de passo longo é muito utilizada em transportadores leves, rolos pequenos ou rolos grandes, através de adaptação de adicionais de transporte (ABAS) (Minas Correntes, 2020).

Figura 8 - Corrente de passo longo.



**FONTE:** Minas Correntes, 2020.

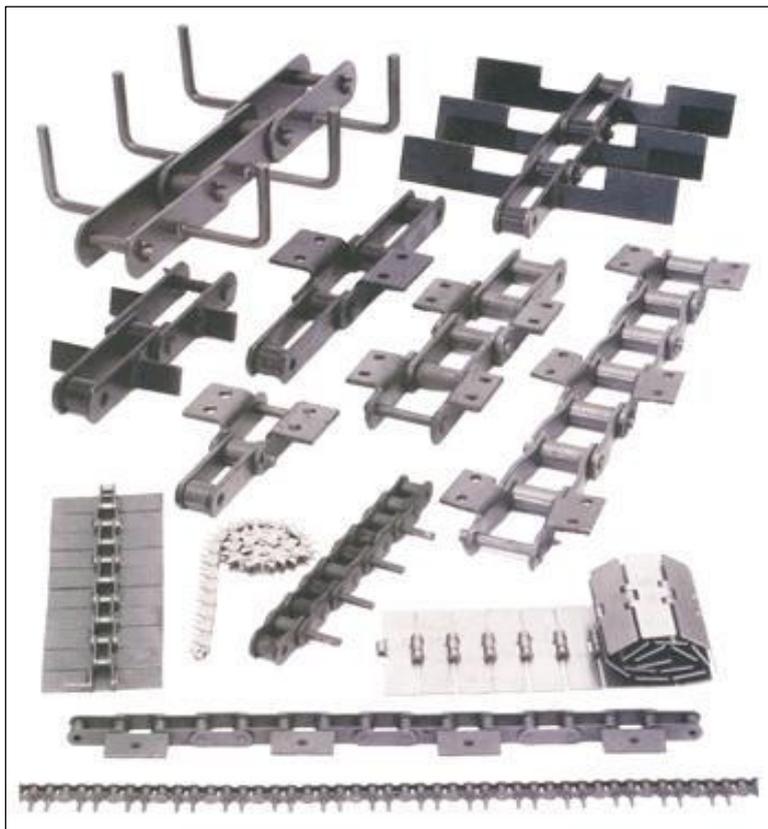
As chamadas correntes transportadoras são todas as correntes com a finalidade de transportar e elevar de materiais. O transportador efetua o transporte de materiais por meio de acessórios fixados a corrente, por placas especiais ou por elos especiais (Minas Correntes, 2020).

O próprio acessório faz parte da corrente, mas normalmente a corrente apresenta um apêndice no qual e fixado acessórios específicos, podendo ser uma caçambas, uma taliscas, uma arrastadores ou um similar. Normalmente a fixação e feita através de solda, rebiteagem ou parafusos (Minas Correntes, 2020).

Principais aplicações:

- Transportadores de taliscas;
- Transportadores de arraste (redler);
- Elevadores de canecas e caçambas;
- Transportadores de plataforma;
- Transportadores de malha;

Figura 9 - Correntes Transportadoras.



**FONTE:** Minas Correntes, 2020.

Os equipamentos que utilizam a corrente transportadora, se lembrado que, são largamente utilizados nos diversos seguimentos das indústrias, entre eles, siderúrgico, papel e celulose, petroquímico, automobilístico, equipamentos agrícolas, cimenteiro, fertilizantes, bebidas, mineração, cítrico etc., com capacidades de transporte chegando até 800 ton/h, portanto em função do campo de atuação, a diversificação dos materiais a serem transportados ou elevados, com relação à geometria, granulométrica, abrasão, umidade, peso específico etc., também são muitos variados.

Em função do grande número de situações necessárias, as correntes e os equipamentos que as utilizam têm que satisfazer as exigências específicas de cada aplicação, como resistência mecânica, resistência a abrasão, ao impacto etc. (Daido, 2022).

Segunda a Daido (2022), os equipamentos podem ser divididos em dois grupos os elevadores e os transportadores.

- Elevadores de caçambas: São equipamentos basicamente compostos de uma estrutura (caixa), eixos, mancais, rodas dentadas, caçambas, motor, redutor, acoplamento, e a corrente, as caçambas são fixadas na corrente ou correia, sendo que se pode ter fileira simples de corrente ou fileira dupla.

Os elevadores de caçambas são classificados de duas maneiras, sendo pela inclinação, em elevadores inclinados ou verticais e quanto à descarga do material da caçamba, em descarga centrífuga descarga positiva, descarga contínua e descarga interna, sendo que o de descarga contínua é o mais usado.

Figura 10 - Equipamento elevador de caçamba



Elevador de descarga contínua: Recebe o material através de uma calha, diretamente na caçamba, que eleva o material até o topo na descarga, onde o material cai por gravidade nas costas da caçamba posterior, que serve como um guia para o material até a calha de saída, opera com baixa velocidade de elevação (normalmente entre 30-40% da velocidade dos elevadores de caçambas com descarga centrífuga ou aproximadamente 30 metros por minuto), para uma mesma capacidade de transporte o contínuo tem, portanto uma caçamba com maior volume, mas sofre menos impacto, aumentando a vida útil da corrente e portanto é economicamente vantajoso (Agrião, 2021).

Elevador de descarga centrífuga as caçambas escavam o material no pé do elevador, que elevam o material até o topo do elevador, onde a descarga é feita através da força centrífuga, este tipo opera com maior velocidade e portanto existe impacto no carregamento em função da escavação (Agrião, 2021).

Elevador de descarga positiva quanto a alimentação do material no pé do elevador pode ser através da escavação ou pela alimentação direta nas caçambas através da calha, operam com a mesma faixa de velocidade dos contínuos, e a descarga é feita forçando a caçamba a ficar na posição de inversa, ou seja, com a abertura para baixo, descarregando o material em cima da calha, é usado quando o material a elevar tem tendência a aderir nas caçambas dificultando a descarga (Agrião, 2021).

Elevador de descarga interna recebe o material através de uma calha, diretamente na caçamba, que eleva o material até o topo na descarga, onde o material cai por gravidade no interior do elevador numa calha que se estende até o interior do elevador, é usado na elevação de materiais granulares (Agrião, 2021).

- Transportadores de correntes: São equipamentos basicamente compostos de uma estrutura que pode ser fechada tipo caixa ou de perfis metálicos cantoneiras, vigas "C", "U", etc.; eixos, mancais, rodas dentadas, dispositivos de transporte (caçambas, taliscas, arrastadores, bandejas, varrões, garras etc.) motor, redutor, acoplamento, e a corrente, os dispositivos de transporte são fixados na corrente, sendo que pode-se ter fileira simples de corrente ou múltiplas, com relação a posição do equipamento, podem trabalhar na horizontal, inclinado ou na vertical, tendo como limites de inclinação as características de cada situação de material a transportar. Estes tipos de equipamentos normalmente operam com baixa velocidade de 10 a 30 m/min (Agrião, 2021).

Tendo como referência as características construtivas normalmente empregadas, pode-se dividir em dois grupos básicos de acordo com o tipo de estrutura usada na construção do equipamento, em estrutura de perfis (aberta) e estrutura de chapas (fechada) (Agrião, 2021).

Figura 11 - Equipamento transportador de corrente.



**FONTE:** Agrição, 2021.

Segundo Siembra (2022), existem as seguintes esteiras transportadoras:

Figura 12 – Equipamento Transportador



**FONTE:** Siembra, 2022.

Transportador de esteira com bandejas ou taliscas: Consiste em duas ou mais fileiras de correntes montadas em paralelo formando junto com as bandejas ou taliscas uma esteira móvel, que recebe o material a granel ou em caixas e o transporta através do movimento da esteira.

Transportador de tração por grampos: Consiste em uma fileira de correntes ou múltiplas fileiras nas quais são fixados grampos especiais para cada situação os grampos empurram o material apoiado diretamente sobre a corrente ou em rodízios e trilhos.

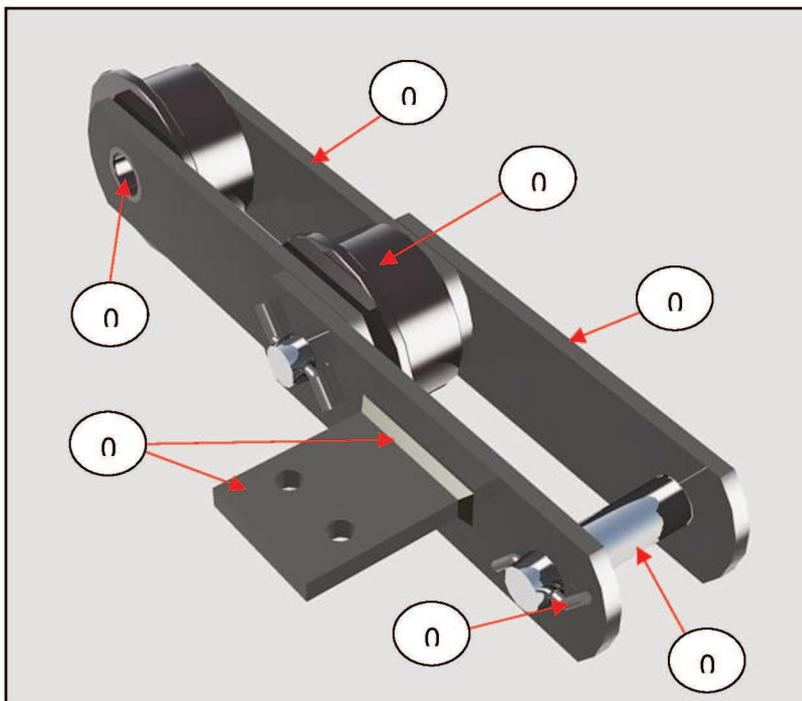
Transportador de caçambas basculantes: Consiste em duas fileiras de correntes montadas em paralelo nas quais são fixadas as caçambas, através de aditamentos especiais composto por um dispositivo mecânico articulado que vira a caçamba no momento da curva na roda dentada localizada na descarga.

Transportador de arraste em caixa. ("REDLER"): Consiste em uma estrutura tipo caixa fechada em toda a sua extensão, na qual uma ou duas fileiras de correntes montadas em paralelo, com aditamentos tipo arrastadores montados em todo o comprimento da corrente com espaçamento constante, movimentam-se arrastando o material, o movimento da camada inferior do material é transmitida para as camadas superiores a uma altura acima dos arrastadores, que se estabelece por si própria de acordo com o tipo de material e sua granulométrica, transportando assim o material a uma velocidade constante e descarregando por gravidade em uma abertura no fundo da caixa.

Transportador de arraste em canal: Consiste em duas fileiras de correntes montadas em paralelo, com chapas arrastadoras fixadas entre as fileiras através de aditamentos, o material é alimentado, arrastado pelo canal e descarregado por gravidade em uma abertura no fundo da caixa.

As correntes transportadoras são produtos de precisão, que são compostas por igualdades, ou seja, consistem em uma série de elos internos e externos interligados entre si através dos pinos e buchas que são responsáveis pela articulação entre os elos (Euax, 2019).

Figura 13 - Construção de uma corrente com aba



#### Componentes:

- 01 - Placas
- 02 - Pino
- 03 - Bucha
- 04 - Rolo
- 05 - Pino-s
- 06 - Aba soldada

**FONTE:** Euax, 2019.

O elo externo também chamado de elos de pinos consiste de quatro partes sendo duas placas e dois pinos, os pinos passam pelas placas com interferência ficando travados, e os mesmos são contrapinados, ou rebitados de um ou ambos os lados, auxiliando o travamento.

Os elos internos também chamados de elos de rolos consistem de seis partes, sendo dois rolos com giro livre, sobre duas buchas que são prensadas em ambos os lados, sobre duas placas, há casos especiais em que não se usa o rolo.

Os pinos são importantes membros para a formação da corrente, pois eles atuam juntamente com as buchas, suportando a carga de tração, requerendo, portanto alta resistência à fadiga, à flexão, aodesgaste e o pino em particular ao cisalhamento.

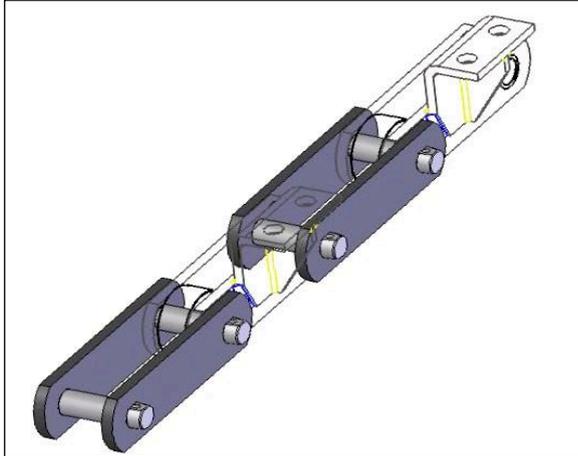
Figura 14 – Pino



**FONTE:** Euax, 2019.

Em função destas solicitações o pino é usualmente construído em aços ultra-resistentes ou aços médio carbono, ambos com tratamento térmico de têmpera e revenimento, e em alguns casos em função da aplicação é também incluído o tratamento superficial de indução.

Figura 15 – Elo Interno



**FONTE:** Euax, 2019.

Figura 16 – Bucha



**FONTE:** Euax, 2019.

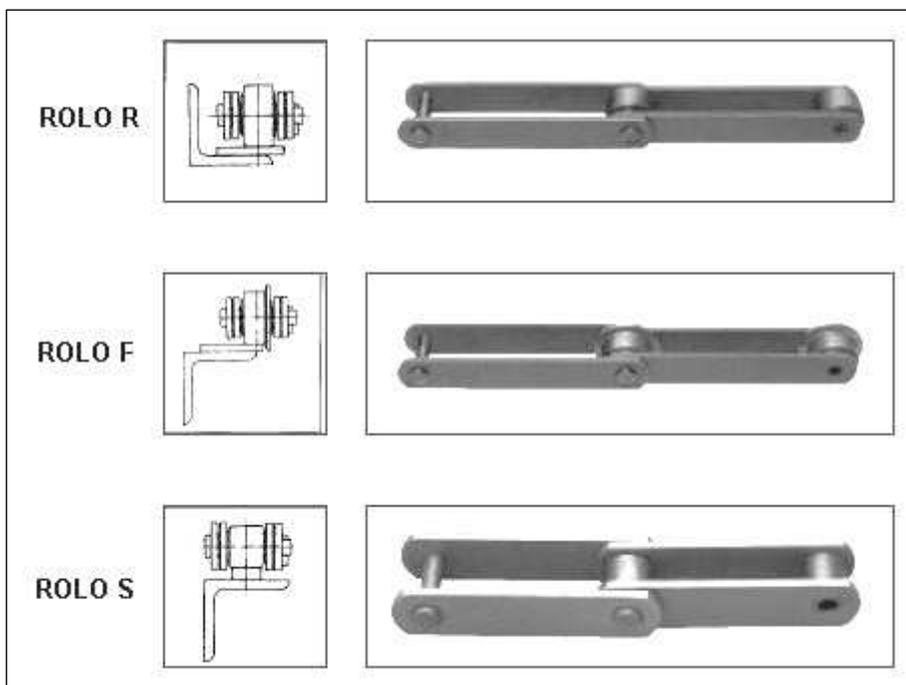
A bucha é uma peça de geometria delgada que tem a finalidade de envolver o pino protegendo-o contra os impactos do engrenamento e proporcionando um mancal para a rotação do pino, permitindo que a corrente articule sobre a roda dentada, a bucha em conjunto com o pino também proporcionam um mancal para o rolo, diminuindo o atrito da corrente com o trilho, pois ao invés de termos um esforço de escorregamento passamos a ter um esforço de rolamento. Por estes motivos, requerem alta resistência ao desgaste em função da pressão de contato e resistência à fadiga em função do carregamento cíclico. São usualmente fabricadas utilizadas aços para cementação ou ultra-resistentes com tratamento térmico de cementação ou tempera e revenimento mais indução, dependendo da aplicação, para se obter ductibilidade através do núcleo e resistência ao desgaste através da camada superficial (Alves, 2020).

Os rolos servem para duas funções, reduzir o coeficiente de atrito entre a corrente e os trilhos em aplicações de transporte, e diminuir o esfregamento entre a corrente e a roda dentada, são comumente fabricados em aço médios carbono, aços ultra-resistentes e aços

para cementação, com a aplicação dos seguintes tratamentos térmicos, têmpera e revenimento mais indução ou cementação, em algumas aplicações são utilizados sem tratamentos térmicos com a finalidade de preservar as rodas dentadas e os trilhos do equipamento (Alves, 2020). Sua forma construtiva é basicamente de três modos em função da aplicação.

As placas são os componentes que seguram os pinos e buchas em suas posições, determinando o passo da corrente, suportam a carga do conjunto, de modo que requerem alta resistência à tração, à fadiga e ao choque, são comumente fabricadas em aço médio-carbono e aços ultra-resistentes, com a aplicação dos tratamentos térmicos de têmpera e revenimento, e em casos específicos de emprego em transportadores, em que as placas deslizam diretamente sobre os trilhos é empregado o tratamento superficial de indução.

Figura 17 – Tipos de rolos existentes



**FONTE:** Alves, 2020.

Figura 18 – Rolo Tipo F



**FONTE:** Alves, 2020.

Figura 19 – Placa



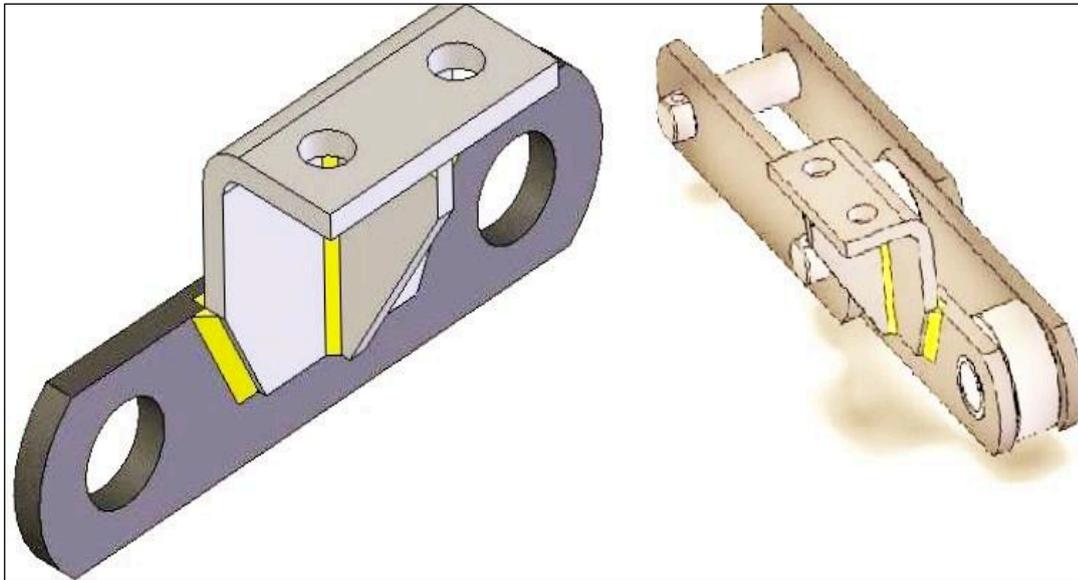
**FONTE:** Alves, 2020.

Os aditamentos são os componentes responsáveis pela fixação das caçambas, bandejas, taliscas, arrastadores etc.; sua forma construtiva é muito variada em função da adequação a cada situação, tendo muitas vezes que satisfazer exigências incomuns, sendo em sua maioria soldados nas placas ou dobrados a partir delas, com os processos MIG/MAG (GMAW) e eletrodo revestido (SMAW), devido a flexibilidade dos processos de soldagem

na construção dos mesmos, os metais de base (placa e aditamentos) normalmente são dissimilares sendo as placas em aço médio carbono ou aços ultra-resistentes com tratamento térmico de tempera e revenimento antes do processo de soldagem e os aditamentos em aço baixo e médio carbono (Alves, 2020).

Os aditamentos são classificados de acordo com a forma básica de construção, porem existe muitas variações destas formas construtivas. Podem ser classificados como simétrico ou assimétrico, os aditamentos simétricos tendem a distribuir a carga igualmente e manter o alinhamento da corrente, normalmente são usados para transportadores de cargas pesadas (Alves, 2020).

Figura 20 - Corrente com aba soldada



**FONTE:** Alves, 2020.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado uma análise de caso com o propósito de eliminar possíveis falhas na aplicação de uma corrente transportadora com aba soldada. É fundamental controlar todo o processo de fabricação para assegurar que a corrente esteja adequada para o uso.

Conforme figura 21, pode-se verificar a ocorrência de uma trinca na região da solda

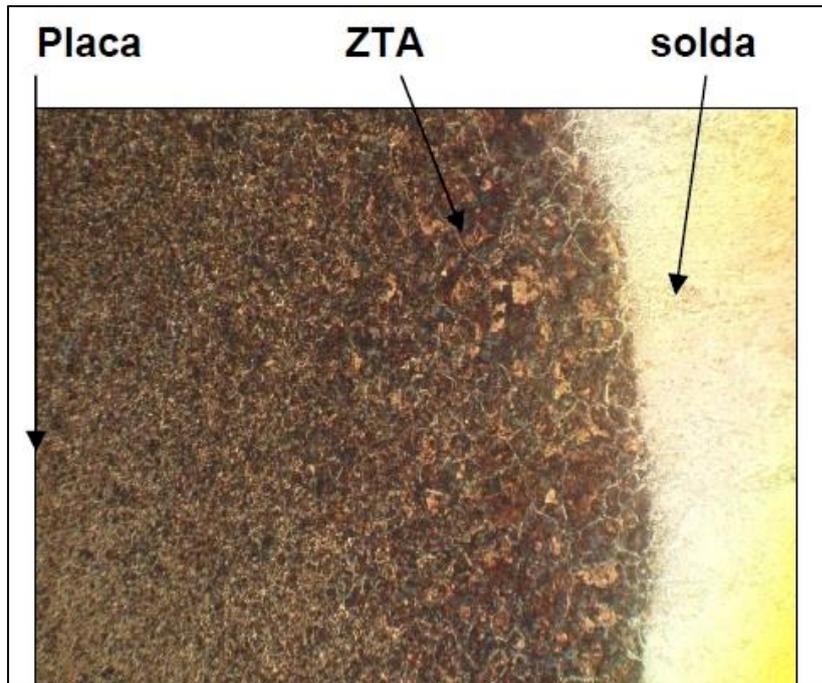
Figura 21 - Corrente com trinca na região da solda



**FONTE:** Autoria Própria.

No início do processo de soldagem de uma corrente é necessário que seja controlada e inspecionada para que não haja nenhuma falha na área soldada. A solda deve ser feita seguindo as especificações de uma EPS (Especificação de Procedimento de Soldagem).

Figura 22 - Micografia, estrutura do material ampliada



**FONTE:** MTFS, 2002.

Foram feito testes de Micografia da placa soldada para se analisar o tamanho do grão e a modificação do material de base que foram juntadas mais que foram modificadas pela solda , esta é uma imagem no microscópio que foi preparada adequadmete e atacada quimicamente para se ter boas informações no que a solda gerou nesse É fundamental controlar todo o processo de fabricação para assegurar que a corrente esteja adequada para o uso.

Conforme figura 21, pode-se verificar a ocorrência de uma trinca na região da solda ocasionada pela falta de informação na EPS que não mostrava a necessidade de um pré aquecimento e se tratando de um material SAE1045 seria necessário um pré aquecimento de 180 - 200 Graus antes do início da soldagem junto a uma controle no resfriamento da peça para evitar um endurecimento precoce na zona termica afetada . Em análise constatou-se que a trinca surgiu na peça por conta de uma ZTA (zona termicamente afetada), aonde a dureza encontrada estava acima da dureza metal de base.

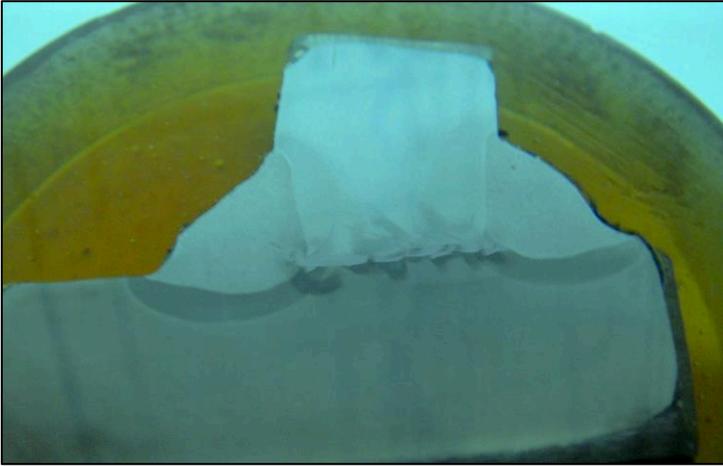
Figura 23 - Exemplo de uma EPS

ESPECIFICAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM (EPS)					
Processo:		Tipo:		EPS Nº:	REV.
GMAW		<input type="checkbox"/> manual <input checked="" type="checkbox"/> semi-automático		17067-01	00
ROP SUPORTE: 017067-01 REV.00					
JUNTAS					
BACKING:		TIPO/CHOCUIS:			
<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NAO		<b>CONFORME DESENHO: 017067-09-08 REV 00</b>			
MATERIAL:					
PEÇA					
METAIS DE BASE					
ITEM	P Nº	GRUPO Nº	ESPECIFICAÇÃO TIPO/GRAU	TRATAMENTO TERMICO	DUREZA
1)	N/A	N/A	SAE1045	TEMP. E FILV.	29 - 35 HRC
2)	N/A	N/A	SAE1045	N/A	N/A
FAIXA QUANTIFICADA			MINIMO	MÁXIMO	OUTROS:
ESPESURA DO METAL DE BASE			14,0mm	19,05mm	
DIÂMETRO PARA TUBOS			N/A	N/A	
ESPESURA POR PASSE			N/A	N/A	
METAIS DE ADIÇÃO			POSIÇÕES		
CLASSIFICAÇÃO AWS Nº:	ER 70 S6	ESPECIFICAÇÃO SFA Nº:	CHAMFR	1G	
		F Nº: 6	ASCENDENTE		N/A
DIÂMETRO	Ø 1,20 mm	A Nº: 1	DESCENDENTE		N/A
OUTROS			FILETE		N/A
PRÉ-AQUECIMENTO		MANUTENÇÃO DO AQUECIMENTO INTERPASSES		POS-AQUECIMENTO	
ESPESURA DO METAL DE BASE (mm)	TEMPERATURA MÍNIMA (°C)	TEMPERATURA (°C)		TEMPERATURA (°C)	N/A
ATE	N/A	N/A			
DE	N/A	N/A	MÁXIMA	N/A	
ACIMA DE	N/A	N/A	MÍNIMA	N/A	
				TEMPO min	N/A
TRATAMENTO TÉRMICO			GAS DE PROTEÇÃO		
TEMPERATURA (°C)	N/A		LADO	ESPECIFICAÇÃO	COMPOSIÇÃO
			TOCHA	N/A	N/A
TEMPO (min)	N/A		INVERSO	N/A	N/A
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS					
CAMADA	F. METAL DE ADIÇÃO mm	CORRENTE (A)	TENSÃO (V)	VELOCIDADE (cm/min)	OUTROS
TODAS	Ø1,20 mm	180 - 220	18 - 25	N/A	
MODO DE TRANSFERÊNCIA GMAW:			TIPO DE CORRENTE / POLARIDADE:		
<input type="checkbox"/> CUIRTO CIRCUITO <input checked="" type="checkbox"/> SPRAY			CC + OUTROS:		
TÉCNICA					
<input type="checkbox"/> OSCILADO    MÁXIMO (mm): <input checked="" type="checkbox"/> RETO (FILETE)			LIMPEZA INICIAL E INTERPASSES <input type="checkbox"/> ESCOVA <input checked="" type="checkbox"/> ESMERIL <input checked="" type="checkbox"/> OUTROS...ATEAMENTO		
<input type="checkbox"/> CONVAGEM: <input type="checkbox"/> ARCO <input type="checkbox"/> ESMERIL			PASSE POR LADO <input type="checkbox"/> SIMPLES <input checked="" type="checkbox"/> MÚLTIPLOS		
DISTÂNCIA TUBO DE CONTATO PEÇA: 12mm			E - ORIFÍCIO DE SAÍDA DE GASES: 15mm		
OUTROS:					
OBS:					
** CORRENTE COM IMPACTO					
					Emissão: Engenheiro
DATA		APROVAÇÃO RESPONSÁVEL			

FONTE: MTF5, 2002.

A figura abaixo é uma amostra de solda que foi analisada pelo Controle da Qualidade.

Figura 24 – Amostra macográfica para Análise



**FONTE:** MTFS, 2002.

Segundo MTFS (2002), entre os problemas operacionais que podem ocorrer na soldagem estão os seguintes:

- Material-base inadequado quanto à química, propriedades mecânicas, processo de elaboração, bem como determinação errada de seções, formas e comportamentos quanto às diversas solicitações, a que será submetido. Há risco de ruína por ruptura, deformação.
- Material de adição incompatível com o material-base, com a aplicação ou manuseio possível, meio corrosivo, ou propriedades mecânicas desejadas. Há perigo de ruína por ruptura frágil ou corrosão.
- Projeto inadequado da junta soldada pela geometria do chanfro, pelo cálculo de esforço, pela posição e seqüência de soldagem. Pode ocorrer ruptura por fadiga ou ruptura brutal, ou alta concentração de tensões.
- Escolha inadequada do processo de soldagem e seus parâmetros, Há risco de ruína por ruptura frágil, ou por defeitos de soldagem de difícil remoção.
- Capacidade, treinamento e qualificação do pessoal inadequado ou insuficiente, gerando defeito de soldagem e altos refugos.
- Utilização de equipamentos de soldagem e instrumentos de controle inadequados ou defeituosos, levando à crença de que a execução e o controle estão feitos.
- Definição errônea de métodos de montagem, preparação e limpeza das juntas, induzindo a defeitos às vezes irreparável.

- Não execução ou execução inadequada e não controladas dos tratamentos pré e pós-aquecimento, bem como da temperatura de interpasse e do tratamento pós-aquecimento, levando o problema de trinca a frio ou no reaquecimento.
- Execução errada da EPS ( especificação de procedimento de soldagem) ou inadequação da junta especificada e qualificada como aquela que será usada em serviço.

Estas e outras causas de problemas de soldagem podem levar ao menos avisados a imaginar que a presença de uma junta soldada em uma corrente com aba é sempre danosa e põe em risco toda a construção. Isto evidentemente não é verdade, se considerarmos que existem soluções e medidas que, corretamente identificadas e adotadas, garantem as condições requeridas para o bom funcionamento da Corrente Transportadora.

Com o desenvolvimento da tecnologia industrial, muitas soluções de problemas específicos passaram a fazer parte de códigos, normas e especificações sob a forma de cuidados, recomendações, ou mesmo exigências. Entre elas, as principais são:

- Adoção criteriosa das bases de cálculos para juntas soldadas, em função de equipamentos a ser projetados.
- Escolha consciente o material de base, levando em conta não só os requisitos de propriedades mecânicas, como também a análise de grau de soldabilidade.
- Definição e detalhamento adequados dos chanfros, considerando as melhores condições para a execução das soldagens e dos ensaios.
- Criteriosa EPS ( Especificação de procedimento de soldagem), tomando como base os códigos e as normas aplicáveis.
- Definição das faixas dos parâmetros de soldagem especificados, tais como: intensidade de corrente e tensão, velocidade de deposição, calor imposto, temperatura de pré e pós-aquecimento e de interpasse.
- Cuidadosa escolha do processo de soldagem em fusão da adequação às necessidades, disponibilidade de equipamentos, pessoal desejado, investimentos e custos.
- Definição correta da seqüência de soldagem, bitola dos materiais, posição de soldagem etc.
- Treinamento e qualificação de soldadores, supervisores e inspetores.
- Aferição de todos os instrumentos de medição e controle dos parâmetros de soldagem e qualificação dos equipamentos de soldagem.
- Preparo e execução da junta soldada, como especificada e que devera ser soldada de modo que represente o mais próximo possível as condições da obra.
- Coleta correta dos parâmetros utilizados na qualificação em protocolos de soldagem, permitindo indicar e visualizar todos os dados importantes do processo.

- Elaboração de planos seqüenciais que facilitem a fabricação e a inspeção, garantindo que todas as atividades sejam presenciadas, no mínimo, pelo inspetor de controle da qualidade.

- Preparo de procedimento geral de soldagem que defina desde o fluxo do material de adição até o armazenamento, manuseio, tratamento e uso entre outras precauções.

- Compilação correta e completa de toda documentação recebida e gerada antes, durante e depois da execução da junta soldada, de modo a permitir total rastreabilidade de todas as etapas que influenciaram sua execução.

Essas soluções, quando visualizadas separadamente, não se constituem em novidade, porem sua adoção de maneira sistemática e planejada é a solução lógica que deve ser utilizada para resolver problemas difíceis, garantindo que aquela junta permita que a corrente transportadora funcione corretamente e possa ser operada de maneira segura.

A identificação criteriosa dos tópicos que realmente influenciarão no desempenho de uma determinada junta soldada e a adoção de medidas que permitam planejar, executar conforme e documentar o executado, ó objetivo da garantia da qualidade na soldagem.

## **7 CONCLUSÃO**

No trabalho realizado, verificou-se que, o processo de soldagem é considerado um Processo Especial, o que significa que afeta diretamente a qualidade do "produto final" e que exige controle. Isso significa também que se uma empresa utiliza a soldagem como um de seus processos - mesmo que seja um processo secundário, como é o caso da soldagem de manutenção - ele deve manter toda uma documentação que evidencie que a solda apresentará a necessária qualidade. Uma junta soldada requer um procedimento previamente elaborado, conhecido como especificação de procedimento de soldagem (EPS), no qual são aplicados diversos ensaios não destrutivos e destrutivos para verificação da integridade da junta.

Por isso, deve se dar uma grande importância ao processo de soldagem, pois uma pequena falha no processo pode danificar o produto final.

## REFERÊNCIAS

- AIRCYCLO. 2022. Correntes ASA e DIN. Disponível em: <https://www.aircyclo.com.br/produtos/transmissao/correntes-asa-e-din>. Acesso em: 10 Out. 2023.
- AGRIAÇO. 2021. 40 a 2.000 T/h. Disponível em: <http://www.agriaco.com.br/2021/10/12/elevador-de-cacamba/>. Acesso em: 10 Out. 2023.
- ALVES, Bianca; LUIZA, Isabela; CARVALHO, Jessica; WASHINGTON; NIETO, Ygor. 2017. Aula Experimental GTAW. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/36847573/relatorio-gtaw-soldagem-tig>. Acesso em: 10 Out. 2023.
- ALVES, Marcelo. 2020. Transmissão por correntes. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7887695/mod\\_resource/content/1/Transmiss%C3%A3o%20por%20corrente.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7887695/mod_resource/content/1/Transmiss%C3%A3o%20por%20corrente.pdf). Acesso em: 10 Out. 2023.
- EUAX. 2019. Cadeia de valor: o que é, para que serve e exemplo de aplicação na gestão de processos. Disponível em: <https://www.euax.com.br/2019/10/cadeia-de-valor/>. Acesso em: 10 Out. 2023.
- DAIDO. 2022. Veja as principais características do componente presente em diversos equipamentos. Disponível em: <https://daido.com.br/industrial/corrente-transportadora-conheca-a-funcao-deste-item-fundamental-para-a-industria/>. Acesso em: 10 Out. 2023.
- CASAGRANDE, Bruno Alexandre Santos. 2009. Segurança nos Processos de Soldagens. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/4314/1/Monografia%20Bruno%20Alexandre%20Santos%20Casagrande.pdf>. Acesso em: 01 Out. 2023.
- CIMM. 2022. Principais Processos de Soldagem - Classificação. Disponível em: [https://www.cimm.com.br/portal/material\\_didatico/6288-principais-processos-de-soldagem-classificacao](https://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/6288-principais-processos-de-soldagem-classificacao). Acesso em: 01 Out. 2023.
- INVISTA. 2018. Qualificacao de Soldadores o que seria e qual sua importancia. Disponível em: <https://www.cursoinvista.com.br/qualificacao-de-soldadores-o-que-seria-e-qual-sua-importancia/>. Acesso em: 10 Out. 2023.
- MANUAL DE TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO E SOLDAGEM (MTFS). 2002. Disponível em: [http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TM354/Manual%20de%20Processos%20de%20Soldagem.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM354/Manual%20de%20Processos%20de%20Soldagem.pdf). Acesso em: 10 Out. 2023.

MINAS CORRENTES. 2020. Correntes, Engrenagens, Acoplamentos e Polias. Disponível em: <https://www.minascorrentes.com.br/correntes.php>. Acesso em: 01 Out. 2023.

MODENESI, Paulo; MARQUES, Paulo; SANTOS; Dagoberto. 2012. Introdução à Metalurgia da Soldagem. Disponível em: <https://portalidea.com.br/cursos/auxiliar-de-servicos-gerais-metalurgicos-apostila04.pdf>. Acesso em: 01 Out. 2023.

SÃO RAPHAEL. 2022. Você Sabe como as Correntes de Aço Surgiram?. Disponível em: <https://saoraphael.com/blog/correntes-de-aco/>. Acesso em: 01 Out. 2023.

SANTOS, Eduardo Tadashi Tauhata. 2018. Registro e Qualificação de Procedimentos e de Pessoal. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/43558399/registro-e-qualificacao-de-procedimentos-e-de-pessoal>. Acesso em: 01 Out. 2023.

SIEMBRA. 2022. Esteiras transportadoras: quais são os tipos e para que servem?. Disponível em: <https://www.siembra.com.br/noticias/esteiras-transportadoras-quais-sao-os-tipos-e-para-que-servem/>. Acesso em: 14 Out. 2023.

SOLCI, Arnaldo Mello. 2019. Soldagem ao Arco Elétrico Sob Proteção Gasosa. Disponível em: [http://www.soldaautomatica.com.br/index\\_arquivos/Arquivos/PDF%207-WHITE%20MARTINS%20Processo%20MIG-MAG.pdf](http://www.soldaautomatica.com.br/index_arquivos/Arquivos/PDF%207-WHITE%20MARTINS%20Processo%20MIG-MAG.pdf). Acesso em: 01 Out. 2023.