



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO  
CAMPUS MANAUS CENTRO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS**



**DOUGLAS DE CASTRO MUNIZ**

**ESTUDO ACERCA DAS VANTAGENS DO USO DE SIMULADORES DE SOLDA EM  
AMBIENTE DE TREINAMENTO DE SOLDADORES**

**MANAUS – AMAZONAS**

**2018**

DOUGLAS DE CASTRO MUNIZ

ESTUDO ACERCA DAS VANTAGENS DO USO DE SIMULADORES DE  
SOLDAGEM EM AMBIENTE DE TREINAMENTO DE SOLDADORES

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Processos Industriais do Campus Manaus Centro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

PROF. ALBERTO DE CASTRO MONTEIRO, M.SC.  
Orientador (a)

MANAUS – AMAZONAS  
2018

---

M963e Muniz, Douglas de Castro.

Estudo acerca das vantagens do uso de simuladores de soldagem em ambiente de treinamento de soldadores. / Douglas de Castro Muniz. – 2018.

32 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Centro, 2018.

Orientador: Prof. Me. Alberto de Castro Monteiro.

1. Engenharia mecânica. 2. Soldagem. 3. Treinamento. I. Monteiro, Alberto de Castro. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Título.

CDD 621

FOLHA DE APROVAÇÃO  
DOUGLAS DE CASTRO MUNIZ

ESTUDO ACERCA DAS VANTAGENS DO USO DE SIMULADORES DE  
SOLDA EM AMBIENTE DE TREINAMENTO DE SOLDADORES

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Processos Industriais do Campus Manaus Centro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada em: 19 de Junho de 2018.

BANCA EXAMINADORA

---

PROF. ALBERTO DE CASTRO MONTEIRO, M.SC, Presidente  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM

---

PROF. PLÁCIDO FERREIRA LIMA, ESP, Membro  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM

---

PROF. RODSON DE OLIVEIRA BARROS, ESP, Membro  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas - IFAM

Dedico este trabalho a todos aqueles que, mesmo em frente aos maiores obstáculos, não desistem de seus sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao mestre maior, Deus. Que sempre guiou meus passos e me protegeu nesta jornada de lutas diárias em busca de um futuro melhor.

Agradeço também a minha família pela força e inspiração para lutar por objetivos que nos levem a uma vida próspera.

Somente aqueles que me acompanham, sabem das minhas lutas, somente aqui eles que seguem o meu caminho entendem o tamanho do esforço que dedico aos meus objetivos e a dias melhores.

Agradecido também a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para o meu crescimento profissional e pessoal.

No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.  
Albert Einstein

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar as vantagens de um modelo de simulador de solda como alternativa para treinamentos de soldagem ao arco elétrico em realidade virtual visando otimização de custo benefício. Os objetivos secundários compreendem: apresentar as funções do simulador de solda, investigar os custos para a adoção do simulador de soldagem e apresentar as vantagens da utilização do simulador em ambiente de treinamento. Existem diferentes processos de soldagem, dentre eles, o de solda a arco elétrico, que usa calor intenso concentrado que une rapidamente as peças levando o material de enchimento até o ponto de fusão, após resfriamento as peças ficam soldadas. Os simuladores de solda ao arco elétrico em realidade virtual são ferramentas educacionais projetadas para complementar e melhorar os treinamentos em junções por soldagem. Mas quais são as vantagens que estes sistemas baseados em computadores apresentam com relação ao treinamento com equipamentos tradicionais? Este questionamento norteia esta pesquisa que objetiva investigar e analisar as vantagens da utilização deste equipamento para a formação de profissionais qualificados e habilitados a realizarem o processo de junção por soldagem. A metodologia definida, a fim de conferir os resultados da pesquisa, adota o estudo de campo com levantamento bibliográfico em fontes impressas e virtuais, com coleta de dados realizada em livros e sites relacionados ao processo de junção por soldagem e treinamentos em simulador de solda. A pesquisa de campo completa-se com visita a um laboratório de treinamento em soldagem e entrevista com instrutor que já realiza treinamentos com o simulador. As fases deste estudo definem-se em conceituar junção por soldagem; elencar os defeitos frequentes nos processos de soldagem, apresentar as características do simulador de solda no treinamento de processo de soldagem como alternativa para elevar níveis de custo benefícios nos cursos de capacitação e aprimoramento. O processo de treinamento em junção por soldagem apresenta custo de matéria prima e produz gases que podem ser prejudiciais ao instrutor, ao aluno e ao meio ambiente. Como alternativa para amenizar estas causas existem vários modelos de simuladores de soldagem para treinamentos à operadores de solda. Tais equipamentos utilizam-se de realidade virtual e simulação para proporcionar um ambiente mais próximo possível da realidade. O estudo apresenta relevância à medida que aborda soluções para melhorias de capacitação profissional e aumento positivo de custo benefício além da preocupação com o operador e o meio ambiente. Sendo assim, discorre sobre os processos de soldagem e as vantagens em adotar-se um simulador de solda para treinamentos em soldagem a arco elétrico oferecendo informações que podem aumentar o desenvolvimento tecnológico dos setores produtivos e industriais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Soldagem. Simulador. Treinamento. Entrevista



## **ABSTRACT**

This work aims to analyze the advantages of a solder simulator model as an alternative to electric arc welding training in virtual reality aiming at cost benefit optimization. Secondary objectives include presenting the functions of the welding simulator, investigating the costs for the adoption of the welding simulator and presenting the advantages of using the simulator in a training environment. There are different processes of welding among them the one of electric arc welding uses intense heat concentrating that quickly takes the material of filling to melting point so it's deposited on the gap between the pieces which are welded after due cooling. Virtual arc welding simulators are educational tools designed to complement and improve weld joint trainings. Virtual arc welding simulators are educational tools designed to complement and improve weld joint trainings. However, what are the advantages that these computer-based systems present in relation to training with traditional equipment? This question guides our research that aims to investigate and analyze the advantages of the use of this equipment for the training of professionals qualified and qualified to carry out the process of joining by welding. The methodology defined, in order to check the results of the research, adopts the field study with a bibliographical survey in printed and virtual sources, with data collection performed in books and websites related to the welding junction process and welding simulator training. The field research was completed with a visit to a welding training laboratory and interview with an instructor who already conducts training with the simulator. The phases of this study are defined in the concept of joint by welding; to introduce the characteristics of the welding simulator in the welding process training as an alternative to raise levels of cost benefits in the training and improvement courses. The welding joint training process presents raw material costs and produces gases that can be harmful to the instructor, the student and the environment. As an alternative to soften these causes, there are several models of welding simulators for training to welding operators. Such equipment uses virtual reality and simulation to provide an environment that is as close to reality as possible. The study is relevant as it addresses solutions for professional training improvements and a positive increase in cost-effectiveness beyond concern with the operator and the environment. Thus, it discusses the welding processes and the advantages in adopting a welding simulator for electric arc welding training offering information that can increase the technological development of the productive and industrial sectors.

**KEY WORDS:** Welding. Simulator. Training. Interview.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo analisar as vantagens de um modelo de simulador de solda como alternativa para treinamentos de soldagem ao arco elétrico em realidade virtual, visando otimização de custo benefício. Os objetivos secundários compreendem: apresentar as funções do simulador de solda, investigar os custos para a adoção do simulador de soldagem e apresentar as vantagens da utilização do simulador em ambiente de treinamento.

A solda é um dos meios de junção entre peças mais utilizados na atualidade. Com relação a outros processos de junção, como rebitar e aparafusar, a soldagem apresenta vantagens de redução do peso, economia de tempo, melhor fluxo de força entre outras.

Os simuladores de solda ao arco elétrico em realidade virtual são ferramentas educacionais projetadas para complementar e melhorar os treinamentos em junções por soldagem. Mas quais são as vantagens que estes sistemas baseados em computadores apresentam com relação ao treinamento com equipamentos tradicionais?

Este questionamento norteia esta pesquisa que objetiva investigar e analisar as vantagens econômicas e sustentáveis da utilização deste equipamento para a formação de profissionais qualificados e habilitados a realizarem o processo de junção por soldagem.

A metodologia definida, a fim de conferir os resultados da pesquisa, realiza um levantamento bibliográfico em fontes impressas e virtuais, com coleta de dados em livros e sites relacionados ao processo de junção por soldagem e treinamentos em simulador de solda. E pesquisa de campo com técnica de observação em um laboratório de treinamento em soldagem e entrevista com instrutor acerca das vantagens oferecidas pelo equipamento.

As fases deste estudo definem-se em 1 Capítulo: conceituar junção por soldagem; 2 Capítulo: Importância do treinamento em soldagem, 3 Capítulo: apresentar as características do simulador de solda no treinamento de processo de soldagem como alternativa para elevar níveis de custo benefícios nos cursos de capacitação e aprimoramento, 4 Capítulo: Metodologia, e Capítulo 5: discussão dos resultados para chegar-se a conclusão da pesquisa.

# 1 JUNÇÃO POR SOLDAGEM

## 1.1 Histórico do processo de soldagem

Desde a antiguidade, a soldagem é utilizada para o processo de união. Na verdade, muitos artefatos antigos já foram encontrados com características de brasagem e forjamento. “Há indícios que indicam que a união de materiais já era praticada por brasagem há mais de quatro mil e oitocentos anos atrás no antigo Egito e na Mesopotâmia.” (ALVES, 2016).

O homem, desde os tempos remotos, busca aprimorar seus meios de sobrevivência. A invenção do processo de união tornou possível a fabricação de artefatos como ferramentas, armas, utensílios e etc. para estes processos de união de materiais, geralmente recorria-se ao fogo e ao forjamento com adição de areia para eliminar impurezas.

Nestes tempos remotos o ferro era produzido por redução direta e o minério de ferro era misturado ao carvão em brasa e soprado e a seguir conformado por martelamento na forma de pequenos blocos. E quando necessitavam de peças maiores faziam as soldagens de vários destes blocos menores por forjamento que era feito aquecendo o material ao rubro e ia adicionando areia gradativamente para escorificar as impurezas e martelando até que a soldagem fosse obtida. (ALVES, 2016).

No entanto, a técnica mais moderna coincide com a sintetização do gás Acetieno a descoberta do arco elétrico. Com o desenvolvimento de várias fontes de energia o arco elétrico passou a ser bastante utilizado favorecendo assim o surgimento dos processos de soldagem por fusão e fabricação de peças a partir dessa nova técnica de junção.

Mas, foi durante a primeira Guerra Mundial que a soldagem passou a ser mais utilizada. Devido a sua flexibilidade de manuseio, durante a Segunda Guerra recebeu novos aperfeiçoamentos apresentando mais qualidade e precisão na fabricação, inclusive de navios, o que tornou o processo de soldagem ao arco elétrico o principal meio de junção de materiais. (WEMAN, 2004).

A história da soldagem coincide-se com a evolução do homem, que vem descobrindo novos processos e tecnologias capazes de aumentar a produção e a qualidade de produtos para suprir suas necessidades.

QUADRO 1 - Histórico da soldagem a partir da descoberta do Arco Elétrico:

DATA	ACONTECIMENTO
1801	Sir Humphey Davis descobre o fenômeno do arco elétrico
1836	Edmund Davy descobre o Acetileno
1885	N. Bernardos e S. Olsewski depositam patente do processo de soldagem por arco elétrico
1889	N.G. Slavianoff e C. Coffin substituem o eletrodo de grafite por arame metálico
1901	Fouché e Picard desenvolvem o primeiro maçarico industrial para soldagem oxiacetilênica
1903	Goldschmidt descobre a solda aluminotérmica
1907	O. Kjellberg deposita a patente do primeiro eletrodo revestido
1919	C. J. Halsag introduz a corrente alternada nos processos de soldagem
1926	H.M. Hobart e P.K. Denver utilizam gás inerte como proteção do arco elétrico
1930	Primeiras normas para eletrodo revestido nos EUA
1935	Desenvolvimento dos processos de soldagem TIG e Arco Submerso
1948	H.F. Kennedy desenvolve o processo de soldagem MIG
1950	França e Alemanha desenvolvem o processo de soldagem por feixe de elétrons
1953	Surgimento do processo MAG
1953	Primeiras aplicações do processo PLASMA convencional
1957	Desenvolvimento do processo de soldagem com arame tubular e proteção gasosa
1958	Desenvolvimento do processo de soldagem por eletro-escória , na Rússia
1960	Desenvolvimento de processo de soldagem a laser, nos EUA
1970	Aplicados os primeiros robôs nos processos de soldagem

Fonte: Adaptado NERIS, 2012

Durante o percurso da história da solda e o avanço tecnológico, surgiram vários processos de soldagem e cada vez mais se aperfeiçoam as técnicas que adotam novas tecnologias e exigem novas atualizações de conhecimentos para que sua utilização projete produtos seguros e de qualidade visando sempre a evolução dos meios de sobrevivência humana.

## 1.2 Processo de junção por soldagem

Junção é a união de peças onde altera-se a composição local e mistura-se com o todo. Este processo pode desenvolver-se através de uma grande variedade de materiais como metais, madeira, plásticos e etc., que podem ser submetidos a dois tipos de processos por junção: direto, através de soldagem e brasagem, e sob ação de outros elementos como rebites e parafusos.

O processo de soldagem é uma operação que resulta na união de duas ou mais peças por ação de calor ou de pressão sendo necessário ou não a utilização de metais de adição para obter-se a união. Para que efetive a união é necessário que os materiais das peças apresentem composição semelhante.

Outra conceituação de soldagem a define como “operação que visa obter a união de duas ou mais peças, assegurando, na junta soldada, a continuidade de propriedades físicas, químicas e metalúrgicas.” (MODENESE e MARQUES, 2006).

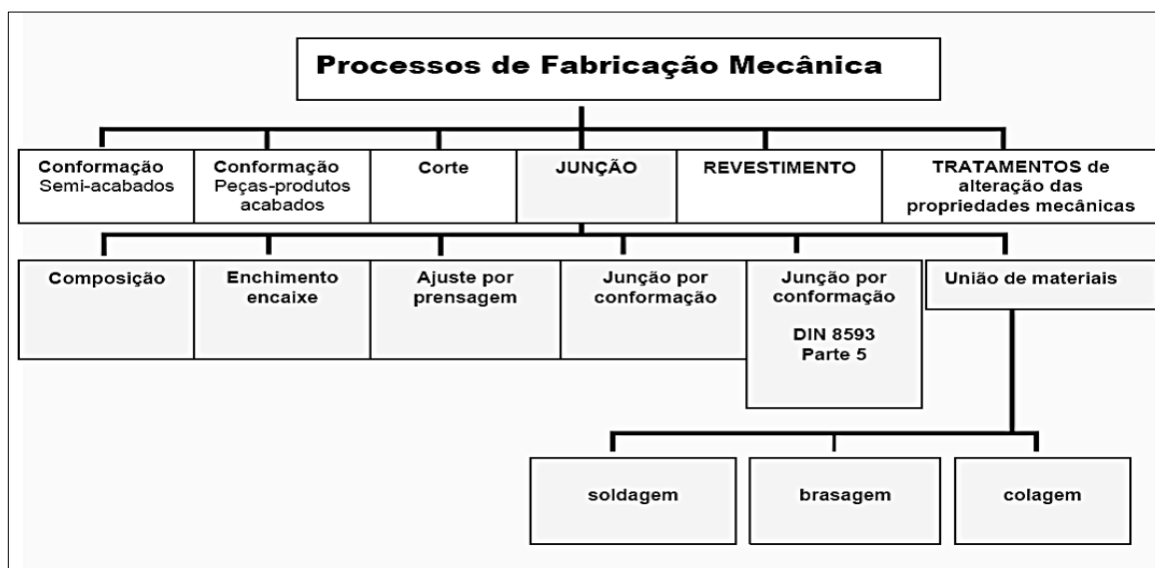
Nos processos de fabricação mecânica industrial existe uma grande necessidade de unir metais esse processo geralmente recorre a soldagem que parte de interações microscópicas em propriedades as mais similares possíveis para que ocorra a união. No Brasil este processo é bastante utilizado na indústria e cada vez mais se aprimora e adota tecnologias capazes de amenizar erros e economizar tempo.

Os processos de junção apresentam diferenciações conforme o tipo de união podendo ser classificados como: ligação por aplicação de força (atrito ou força normal), ligação por meio de forma (prisioneiro, cavilha e pino) e ligação por meio material (aderência, ligação química).

A união de materiais proporciona uma infinita variedade de utilização em vários seguimentos industriais. A utilização desse processo contribuiu consideravelmente para a evolução da produção industrial. Com os avanços da tecnologia, a união de materiais tornou-se mais maleável e prática, aumentando o leque de possibilidades de aplicação. Por ser tão aplicável em vários seguimentos, o procedimento de união por soldagem é um dos mais utilizados na indústria que realiza os processos de fabricação mecânica.

O organograma representado na figura 1 apresenta os processos de fabricação mecânica:

FIGURA 1 – Processos de Fabricação Mecânica



Fonte: Batalha (2003)

A junção é uma etapa fundamental do processo de fabricação. Dentre as formas de união de materiais a soldagem está entre as mais utilizadas. Para o ótimo aproveitamento do processo, algumas especificações devem ser atendidas: a zona de soldagem - região limitada, no qual o material durante o processo passou por um estado de fundido ou de deformação plástica; material de adição – material adicionado na zona de soldagem ou entre a área de contato das peças a serem soldadas.

O processo de junção por solda apresenta algumas vantagens como maior uniformidade, menos sujeira na superfície, menor exigência de tolerância da junção, resistência e menor índice de envelhecimento. Tais vantagens fazem com que este processo seja adotado em grande escala na indústria mundial e também no Brasil.

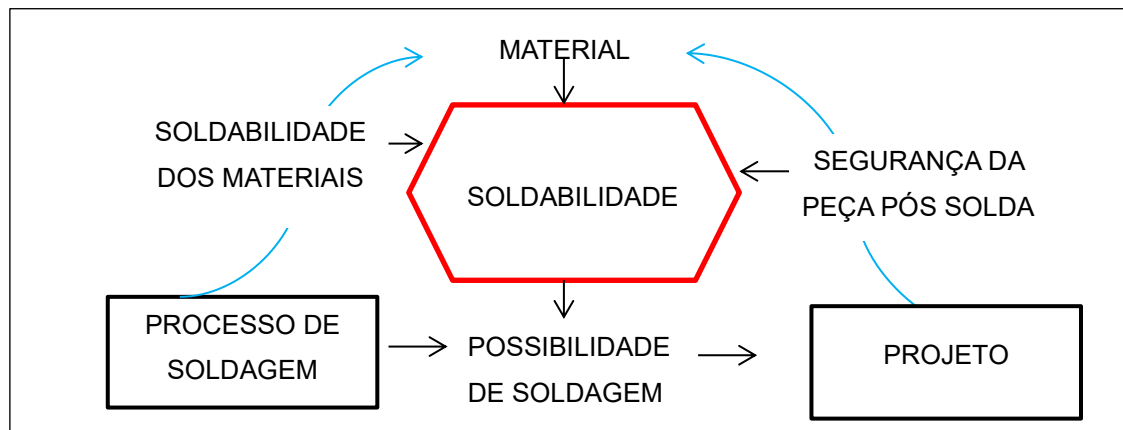
O processo de soldagem sofre algumas influências que podem afetar a soldabilidade da peça. Tais influências podem ser controladas a partir de um bom planejamento de soldagem que deve atentar aos fatores de qualidade.

Observa-se que o processo de soldagem não se resume apenas a junção de peças, existe todo um conjunto de cuidados e orientações que devem ser observadas para que a união dos materiais apresente segurança e durabilidade do contrário, alguns projetos podem apresentar falhas mínimas ou maiores capazes de provocar acidentes e até mesmo a morte de pessoas. Ainda com todos estes cuidados apresentados, a incidência de defeitos nos processos de soldagem é

bastante frequente.

A figura 2 representa um esquema de influências que podem afetar o desempenho e a eficácia do processo:

FIGURA 2 influências no Processo de Soldagem



Fonte: O autor, 2018.

Para controlar ou amenizar as influências que podem comprometer a qualidade da junção, alguns cuidados devem ser observados como, quanto a soldabilidade dos materiais: observar a composição química, as propriedades mecânicas e as propriedades físicas; quanto a possibilidade de soldagem: preparação da soldagem e orientação do trabalho de soldagem; quanto a segurança: arranjo do cordão de solda, tipo de soldagem e estado de deformação.

### 1.3.1 Soldagem MIG/MAG

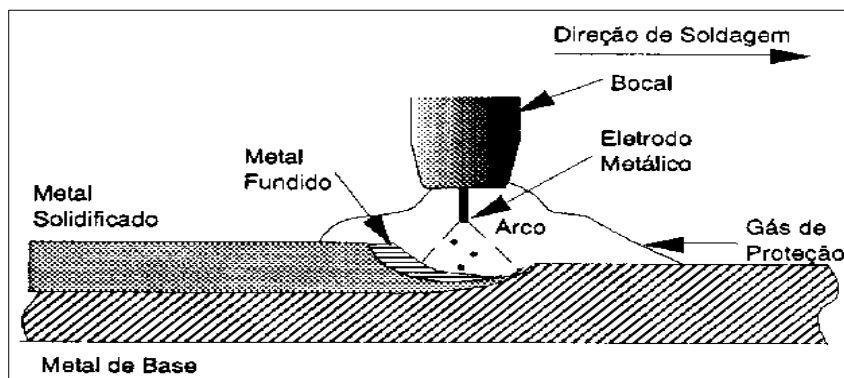
O processo de soldagem MIG/MAG é bastante utilizado em aplicações industriais pela facilidade de automação e os diversos tipos de materiais que podem ser soldados. Este processo é bastante utilizado na indústria automotiva, construção civil, alimentícia, estaleiros, botijões de gás, equipamentos agrícolas, entre outros.

Neste processo de soldagem, MIG significa Metal Inert Gás que utiliza gás inerte como proteção e MAG significa Metal Active Gás que utiliza o gás dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para proteção da poça de solda melhorando a qualidade do serviço de soldagem. Este processo facilita a execução da solda em diversas posições favorecendo o manuseio.

MIG é um processo por fusão a arco elétrico que utiliza um arame eletrodo consumível continuamente alimentado à poça de fusão e um gás inerte para proteção da região de soldagem. MAG é um processo de soldagem semelhante ao MIG, porém utilizando um gás ativo (CO<sub>2</sub>) para proteção da região de soldagem. Em ambos os processos geralmente o metal de adição possui a mesma composição química do metal-base. (NERIS, 2012)

O processo MIG/MAG, utiliza um gás inerte como proteção da poça de fusão para evitar falhas ocasionadas pela presença do oxigênio, como fissuras e porosidade. A composição do utilizado também influencia na velocidade de soldagem, nos respingos, nos custos, no formato do cordão de solda e nos efeitos fisiológicos causados às pessoas no ambiente de soldagem.

FIGURA 3: Soldagem MIG/MAG



Fonte: Neris (2012)

O processo de soldagem MIG/MAG apresenta algumas vantagens como: alto rendimento proporcionado pela alta velocidade de fusão do arame, operação contínua com pequenos intervalos de interrupção, taxa de deposição superior se comparada ao processo convencional de soldagem com eletrodos revestidos, redução de mão de obra, aproveitamento quase total do arame eletrodo resultando em baixo custo final. (BESSA, 2017).

### 1.3.2 Processo de soldagem TIG

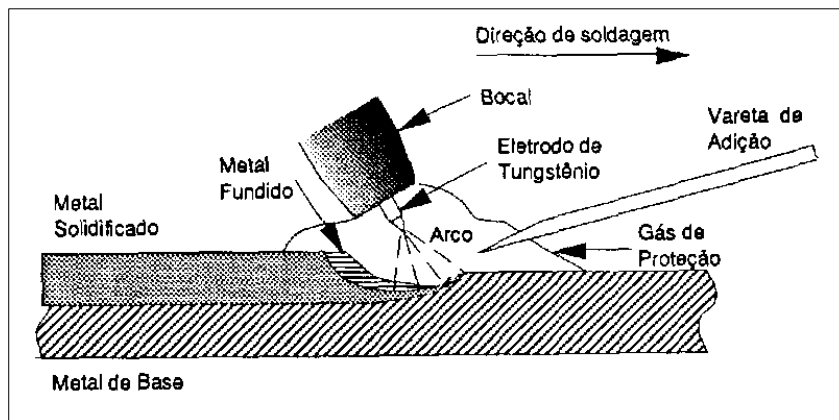
Neste processo de fusão, também é utilizado calor fornecido pelo arco elétrico e, para proteção da poça, utiliza-se um gás inerte. Este processo é indicado para espessuras finas, já que permite o controle do calor. Requer bastante destreza e exige proteção contra o risco de queimaduras devido a grande quantidade de radiação ultravioleta.



O eletrodo utilizado na solda TIG é o de tungstênio, que apresenta maior ponto de fusão e também por ser termoiônico, que facilita a emissão dos elétrons e auxilia a estabilidade do arco evitando falhas no processo (SENAI, 2001).

A partir deste processo é possível soldar inoxidáveis, alumínio, magnésio, titânio, cobre, zircônio e outros metais de difícil soldagem, nas espessuras de 0,5 a 50 mm. Para a proteção da poça de solda utiliza-se os gases Argônio e o Hélio, que são direcionados por bocais cerâmicos, metálicos ou por bocais tipo gás-lens. (NERIS, 2012)

FIGURA 4: SOLDAGEM TIG



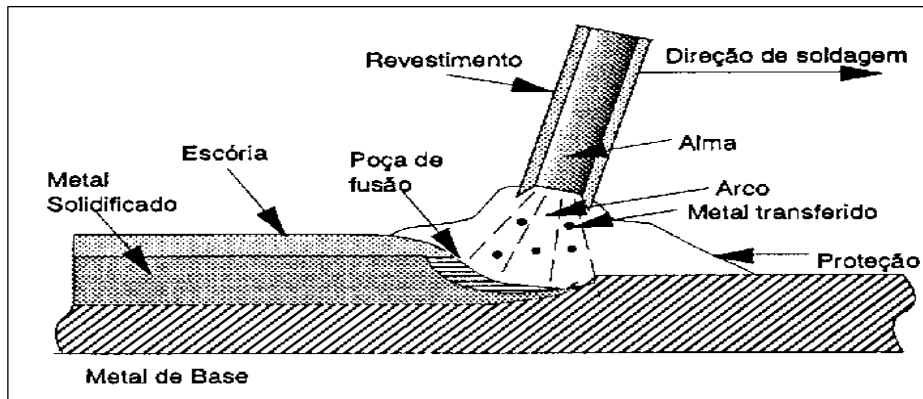
Fonte: Neris, 2018

### 1.3.3 Soldagem eletrodo revestido

Neste processo de soldagem por fusão a arco elétrico é utilizado um eletrodo consumível e o calor para soldagem é gerado a partir da energia liberada pelo arco formado entre a peça a ser soldada e o referido eletrodo. Os gases gerados durante a alteração do revestimento do eletrodo servem de proteção da poça de fusão.

O metal de base no percurso do arco é fundido, formando uma poça de metal fundido. O eletrodo é também fundido e assim transferido à poça de fusão na forma de glóbulos de metal fundido a cada 0,001 a 0,01 segundos a elevada temperatura. Nessas condições a expansão dos gases contidos no arame eletrodo, tanto em solução como armazenados em microporosidades, bem como os gases produzidos pela elevada temperatura dos componentes do revestimento, provocam a explosão desses glóbulos, projetando-os contra o banho de fusão. (NERIS, 2012).

Figura 5: Soldagem eletrodo revestido

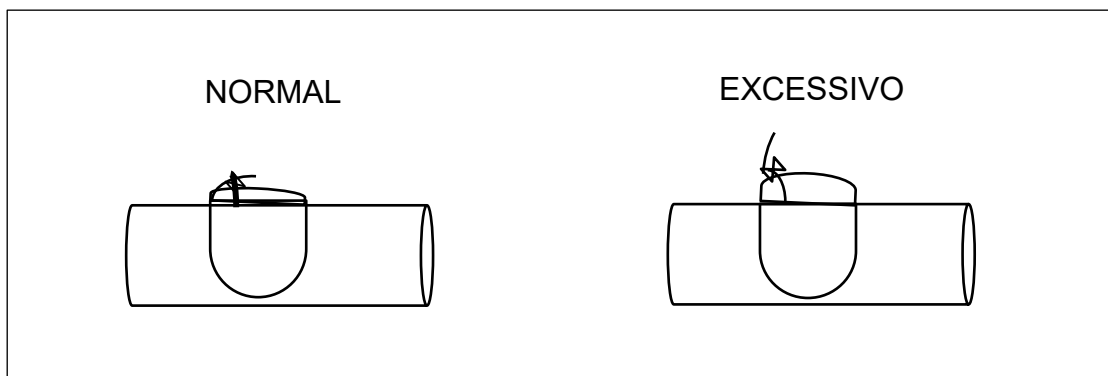


Fonte:

#### 1.4 Defeitos frequentes nos processos de soldagem

Geralmente os processos mecânico e industrial apresentam algum índice de defeitos, o ideal que este índice seja mínimo ou zero. O defeito citado aqui é a descontinuidade que se configura como a interrupção das estruturas típicas de uma solda como características físicas, mecânicas e metalúrgicas. Dentre as descontinuidades mais comuns temos a abertura de arco, representada na figura 3, que causa uma imperfeição na superfície soldada, geralmente ocasionado por excesso de solda.

FIGURA 6 – Defeito de Abertura de Arco



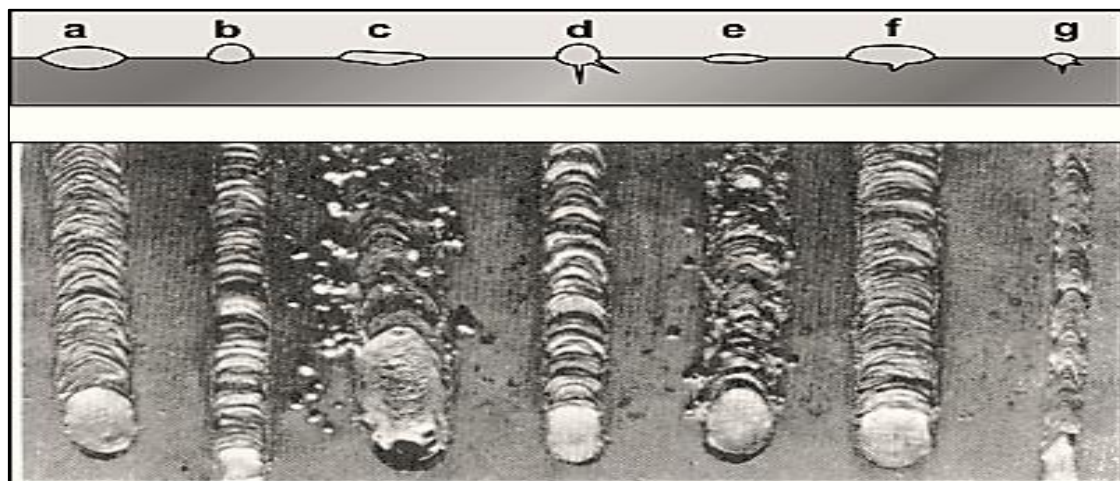
Fonte: O autor, 2018

O excesso de solda pode ser causado por falta de destreza e insegurança do operador de solda ao realizar o processo de junção o que pode sinalizar a necessidade de treinamento em processo de reciclagem.

Outros defeitos podem ser identificados nos processos de soldagem, como cavidade alongada causado por excesso de velocidade de soldagem; concavidade causada por movimentação rápida do eletrodo; deformação angular; deposição insuficiente causada pela insuficiência de metal; desalinhamento; embicamento, falta de fusão; falta de penetração por manipulação incorreta do eletrodo; inclusão de escoria (materiais não metálicos); mordedura, trinca de cratera; trinca interlamelar; perfuração; porosidade; porosidade agrupada; porosidade alinhada; porosidade vermiforme; rechupe de cratera; mordedura na raiz; penetração excessiva; sobreposição; reforço excessivo; solda em ângulo assimétrico; trinca irradiante; trinca longitudinal; trinca na margem; trinca na raiz e etc.

Os defeitos de soldagem podem ser identificados a partir do aspecto do cordão de solda bem representados na figura 7 deste estudo:

FIGURA 7: Problemas de soldagem



Fonte: Portal Eutectic Catolin, acesso em 05 de abril de 2018.

Observa-se que a figura 7 apresenta vários tipos de defeitos de solda em comparação com a imagem **a** que representa o cordão com aspecto de solda ideal (**a**). A letra **b** representa um cordão com corrente muito baixa, a consoante **c** demonstra o cordão com corrente muito alta, na letra **d** o aspecto da imagem apresenta cordão de solda com arco elétrico muito curto, na consoante **e** o arco elétrico muito alto, na **f** configura cordão com baixa velocidade de soldagem e a letra **g** demonstra aspectos de cordão com alta velocidade de soldagem.

Os defeitos de solda são inúmeros e sinalizam que frequentemente deve-se analisar observando a própria junta soldada identificando resistência mecânica,

tensionabilidade, resistência à corrosão além das descontinuidades como vazios, fragmentos de materiais estranhos e trincas.

Na intenção de sanar as falhas em junção por soldagem, recorre-se a várias alternativas como o reconhecimento dos materiais a serem recuperados, o conhecimento dos materiais e equipamentos a serem aplicados no processo e o domínio das técnicas de soldagem.

A forma de identificar as falhas e evitar suas ocorrências é a busca por informações que podem ser adquiridas a partir de treinamentos em ambientes de simulação de soldagem, onde o operador de solda pratica os processos e observa a ocorrências dos defeitos de solda. Os treinamentos podem ser uma das alternativas de sanar os problemas de junção por soldagem.

## 1.5 Riscos do processo de soldagem

Durante os processos de soldagem, alguns gases são produzidos como CO, CO<sub>2</sub> e o O<sub>3</sub>, além de outros. (NEDERMAN, 2013). Os gases produzidos são resultados das reações químicas, dos metais de adição e de base e do ar aquecido da radiação. O gás O<sub>3</sub>, formado a partir do O<sub>2</sub> sob radiação, o NO<sub>3</sub> é resultado de substâncias com nitrogênio (LOARINI, 1993), é um gás que irrita os pulmões e é pouco absorvido pelos pulmões e provoca lesões, se as exposições forem intensas, pode ocorrer edema pulmonar. Pode transformar a hemoglobina em metaemoglobina e causar asfixia.

### 1.5.1 Doenças causadas por gases no processo de soldagem

A exposição ao gás O<sub>3</sub>, pode causar problemas de visão, falta de ar, tosse, constrição torácica, diminuição da coordenação motora podendo levar até a morte. (FISPQ, 2013). Estes gases inflamam os tecidos das vias respiratórias, causando sérios problemas pulmonares. Podem causar também tosse, rinite, faringite e dor no peito. Para recuperar-se da intoxicação por estes gases, são necessários 10 a 15 dias em tratamento hospitalar.

Além dos riscos à saúde, como redução da pulsação, queda da pressão sanguínea, o gás O<sub>3</sub> é bastante corrosivo e oxidante. Segundo Machado (1996), o gás pode ocasionar secura na garganta e na boca, dores de cabeça, náuseas e

bronquite. Afetando as vias respiratórias e os pulmões, dificultando o processo de respiração.

Outro gás proveniente do processo de soldagem, é o CO<sub>2</sub> que, apesar de não ser inflamável pode ocasionar explosão caso seja aquecido dentro de recipiente hermeticamente fechado. Como medida de segurança, deve-se garantir a concentração de oxigênio acima de 19,5% em trabalhos com CO<sub>2</sub>. (FISPQ, 2008).

Já o monóxido de carbono (CO), é altamente inflamável e tóxico. Se inalado pode afetar a fertilidade e o nascituro (FISPQ, 2009). Pode causar também danos ao sistema respiratório. “Reage com o ferro, a borracha natural, o neoprene, o zinco e o oxigênio.” (FISPQ, 2009). Oferece uma toxicidade aguda e extremamente perigosa. Se inalado além do limite indicado observar os sintomas e dirigir-se a uma unidade de saúde.

Os fumos de solda são quantidades de um pó oriundo das substâncias tóxicas liberadas no processo de solda. Além dos gases, os fumos de soldagem também apresentam reações ao serem inalados. Seu conteúdo depende do material de base e processos utilizados. Dependendo da concentração das partículas inaladas, pode haver várias reações respiratórias. (FACHINETTO, 1996).

Burgess (1997, p. 173) esclarece:

Os possíveis riscos à saúde causados por exposições a fumos metálicos durante a soldagem a arco com eletrodo metálico coberto dependem, obviamente, do metal que está sendo soldado e da composição do eletrodo. O componente principal do fumo gerado por aço doce é o óxido de ferro. Os danos causados pela exposição ao fumo de óxido de ferro parecem ser limitados. A deposição de partículas de óxido de ferro no pulmão causa, realmente, uma pneumoconiose benigna conhecida como siderose. Não há enfraquecimento funcional do pulmão, nem proliferação de tecido fibroso.

Observa-se, que as partículas de fumo de soldagem, quando inaladas, causam bastante riscos as funções respiratórias. As bronquites crônicas, por exemplo, são bastante ocorrentes em soldadores. (BURGESS, 1997). A bronquite crônica é definida clinicamente como tosse e produção de expectoração persistente por pelo menos três meses do ano por dois anos consecutivos.

Outra questão importante relacionada aos problemas de soldagem e à saúde do trabalhador, segundo Fantazzini (1997), é que, as causas podem não estar inteiramente ligadas à presença do agente causador e sim, da combinação ou inter-relação de diversos fatores, “como a concentração e a forma do contaminante no ambiente de trabalho, o nível de toxicidade e o tempo de exposição da pessoa”.

QUADRO 2 – Identificação por grupo e cores dos riscos ambientais.

GRUPO 1 VERDE	GRUPO 2 VERMELHO	GRUPO 3 MARROM	GRUPO 4 AMARELO	GRUPO 5 AZUL
Riscos Físicos	Riscos Químicos	Riscos Biológicos	Riscos Ergonômicos	Riscos de Acidente
Vibração	Poeiras	Vírus	Esforço físico intenso	Riscos de acidente
Radiação Ionizante	Fumos	Bactérias	Levantamento e transporte	Arranjo físico inadequado
Radiação não ionizante	Névoas	Protozoários	Exigência De postura inadequada	Máquinas e equipamentos
Frio	Neblina	Fungos	Controle rígido de produtividade	Ferramentas inadequadas
Calor	Gases	Parasitas	Imposição de ritmos excessivos	Pouca iluminação
Pressões Anormais	Vapores	Bacilos	Trabalho em turno e noturno	Eletricidade
Umidade	Produtos químicos em geral		Trabalhos repetitivos	Probabilidade de incêndio ou explosão

Fonte: adaptado Campos (1999)

Durante o processo de soldagem, também existe a ação de ruído, eletricidade, calor, radiação, e luz intensa. Todos esses fatores podem provocar danos aos que estão próximos do processo de soldagem. (SOBES, 2013).

## 2 IMPORTÂNCIA DO TREINAMENTO EM SOLDAGEM

### 2.1 importância do treinamento em soldagem para soldadores

Para gerar o desenvolvimento de uma organização, é necessário que as pessoas que fazem parte do quadro funcional entendam quais as suas funções dentro da empresa e como realizá-las com êxito. Para que os funcionários se

adaptem ao ambiente de trabalho e às suas funções são necessários treinamentos de capacitação e reciclagem contínuos. Sendo assim, "o treinamento é um processo educacional de curto-prazo que utiliza procedimento sistemático e organizado [...] para um propósito definido. (CHIAVENATO, 2017 p. 30).

O processo de treinamento em soldagem proporciona ao colaborador adquirir eficiência nas atividades evitando riscos de acidentes e riscos à saúde. Este processo "auxilia o empregado a adquirir eficiência no seu trabalho presente ou futuro, através de apropriados hábitos de pensamento, ação, habilidades, conhecimentos e atitudes." (CARVALHO e NASCIMENTO, apud CAMPOS, 2004).

O processo de soldagem apresenta vários riscos ao operador, no entanto, os riscos podem ser minimizados com a aplicação de treinamentos que o deixarão apto e capacitado para exercer sua função de forma segura, prática e dentro dos padrões de qualidade da produção. Os treinamentos, além de abordar as técnicas da prática da atividade, devem abordar a questão da segurança e a importância do uso de equipamentos de proteção. Os treinamentos podem deixar os operadores mais seguros a tomarem decisões acertadas durante o processo de soldagem.

É impossível enfatizar suficientemente a importância do treinamento como primeira linha de defesa contra defeitos de solda. O treinamento adequado ajuda na aquisição de boas técnicas de soldagem, bem como da habilidade para tomar decisões acertadas que afetarão positivamente a operação de soldagem. (REVISTA WELDING, 2009)

Observa-se que, com os treinamentos, os soldadores podem seguir corretamente os padrões de soldagem bem como investigar também as causas dos defeitos. E quando já estiverem aptos, podem repassar informações importantes aos iniciantes. Um profissional bem treinado pode representar ganhos de lucratividade, baixa nos custos, melhorias de qualidade, velocidade nos processos e assiduidade no trabalho, levando em consideração que, após treinado diminuirá a incidência de acidentes e por conta disso, as faltas.

### 3 SIMULADOR DE SOLDA - CARACTERÍSTICAS

Os simuladores de solda são sistemas de treinamento baseados em computadores utilizados como ferramentas educacionais projetadas para incrementar e melhorar os treinamentos em soldagem. Nestes equipamentos é possível praticar as técnicas de soldagem em um ambiente virtual de simulação. Utiliza a combinação poça de fusão realista com som de arco elétrico com informações em tempo real.

Os modelos de simuladores aceitam todas as posições de solda: plana, horizontal, vertical e sobre-cabeça. Alguns equipamentos possibilitam ajustar a configuração do simulador utilizando telas sensíveis ao toque. Apresenta tocha de soldagem MIG MAG e porta eletrodo que fornece informações tangíveis e resultados simultâneos adicionando realismo aos treinamentos.

Os equipamentos trabalham com sistema de engrenagem que retrai o eletrodo na mesma taxa que um eletrodo real fundiria para simular a fundição de um eletrodo real. Apresenta também módulo de análise onde os detalhes são visualizados através de gráficos e comparados aos parâmetros de soldagem. A figura 5 apresenta um modelo de simulador de solda ao arco elétrico em realidade virtual visando vantagens econômicas e sustentáveis.

FIGURA 8: Modelo de Simulador de Solda



Fonte: Site da Lincolneletric, acesso em 10.05.2018



Estes equipamentos simulam técnicas de solda em eletrodo TIG e MIG/MAG em um único simulador. Os fabricantes dos simuladores oferecem suporte online de atualizações do software do simulador gratuitamente. Oferecem também treinamento aos instrutores de solda no momento da instalação do simulador. Também permite ao aluno a execução de exercícios práticos.

Os simuladores apresentam o módulo do professor que permite ao instrutor fazer uma avaliação das atividades simuladas. Também é possível visualizar os exercícios após o término da atividade mesmo sem o professor estar presente durante a realização dos exercícios e pode ser adaptado aos requisitos das instituições

Figura 9: Simulação das técnicas de soldagem



Fonte: Site da Lincolnelectric, acesso em 10.05.2018

#### Itens do simulador passíveis de encomenda

Plano de Aulas de soldagem a arco elétrico	O programa do curso contém um guia de treinamento em apostila e de vídeos em DVD
Plano de Aulas baseadas em projetos	O conteúdo das aulas baseadas em projetos para os sistemas de treinamento em soldagem é formado por uma apostila contendo 15 lições que podem ser implementadas.

Fonte: autor, 2018

## Requisitos de instalação e configuração

- O sistema estudado exige um espaço de 2,4m x 2,4 a 2,4;
- Ao operar múltiplas unidades em um local, alternar entre os sistemas de frequência alternada e padrão;
- O sistema não foi projetado para operações em ambientes adversos;
- Evitar campo magnéticos, processos e objetos de alta frequência.
- Necessário uma fonte com nobreak ou estabilizador para proteção do sistema contra interrupções e/ou irregularidades na rede elétrica.

Figura 10: Instalação do Simulador de solda



Fonte: Site da Lincolneletric, acesso em 10.05.2018

## Informações de operação de um modelo de simulador

Tensão de entrada	115/230/1/50/60
Corrente de entrada	4 A a 115, 2 A a 230
Peso líquido	Máquina: 143 kg; Suporte: 48 kg
Dimensões (A x L x P)	Máquina: 1.677 a 762 por 1.067 mm (66" x 30" x 42"). Suporte: 2.032 a 991 por 1.194 mm (80" x 39" x 47")
Peso com embalagem	Bruto - máquina e suporte: 386 kg
Dimensões da embalagem (A x L x P)	Total: 1.829 a 1.220 por 1.829 mm (72" x 48" x 72")

Fonte: Site da Lincolneletric, acesso em 10.05.2018

#### 4. METODOLOGIA

Para a realização deste estudo adotou-se como metodologia a pesquisa de campo, do tipo descritiva com levantamento bibliográfico. Onde, através da técnica de intensa leitura sobre os conceitos inerentes ao tema, técnicas de observação e entrevista em contato direto e on-line com os instrutores de soldagem, foi possível adquirir dados importantes para a análise e conclusão dos resultados.

Para melhor entendimento do contexto onde ocorre o fenômeno, realizou-se a pesquisa de campo, utilizando-se da técnica de observação em um laboratório de soldagem, possibilitando o contato direto com a realidade do tema discutido e uma coleta de dados mais eficiente que permitiu uma análise coerente com o tema, observando o que informam Marconi e Lakatos (2003).

A observação é uma técnica de coleta de dados para conseguir informações, e utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos e fenômenos que se desejam estudar.

Sendo assim, conforme as autoras, através da observação, são possíveis obter dados referentes ao assunto abordado além de levar o pesquisador a sentir-se mais próximo da realidade e do comportamento daqueles que compõem o ambiente onde ocorre o fenômeno, desempenhando assim, um “papel importante nos processos observacionais.” Marconi e Lakatos (2003).

Outra técnica de coleta de dados bastante adotada nas pesquisas é a entrevista. Através desta técnica foi possível agregar dados referentes ao uso de simuladores de solda bem como analisar quais as vantagens que este equipamento oferece. Com uma entrevista não estruturada, com perguntas abertas foi possível explorar amplamente a questão. Até porque:

O entrevistador tem liberdade para desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada. É uma forma de poder explorar mais amplamente uma questão. Em geral, as perguntas são abertas e podem ser respondidas dentro de uma conversação informal. (MARCONI E LAKATOS 2003).

A entrevista foi realizada via online, através de página de rede social com um instrutor do SENAI de Almirante de Tamandaré – PR, por não ser possível com instrutores locais devido a ausência de simuladores de solda na localidade. A

entrevista foi realizada no dia 18 de maio de 2018 na parte da manhã. As perguntas foram abertas sem prévia estruturação.

Foram colhidas informações também através de e-mails às empresas fornecedoras do equipamento que permitiram observar questões como características e valores referentes aos simuladores de solda.

A empresa que forneceu dados sobre os valores do equipamento de soldagem virtual é especializada no segmento de solda e corte, está localizada em Joinville – SC e está presente em mais de 800 revendas no Brasil e no exterior.

Portanto, com as técnicas de coleta apresentadas, foi possível apropriar-se de dados importantes relacionados ao tema da pesquisa. A observação proporcionou a aproximação do investigador com o ambiente de ocorrência do fenômeno, no caso o treinamento em soldagem, a entrevista apresentou os dados referentes as característica, utilização e vantagens do simulador de solda para treinamento de soldadores e as pesquisas via e-mail ofereceram dados sobre custos dos equipamentos.

## **5 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Com o auxílio da metodologia foi possível adquirir os dados necessários para uma análise sobre o tema em questão, neste caso o, estudo acerca das vantagens do uso de simuladores de solda em ambiente de treinamento de soldadores. E, a partir da utilização das técnicas de entrevista e observação, foi possível adquirir informações importantes sobre o fenômeno em questão, os atores do cenário estudados e os equipamentos de soldagem pesquisados.

A observação permitiu, além de ver e ouvir, também sentir o que ocorre no ambiente de treinamento de processo de solda. Sensações como alta luminosidade, intenso calor e a presença de gases oriundos das chamas e do processo de soldagem. Estes fatores podem ocasionar ao treinador e seus alunos possíveis irritações e problemas fisiológicos como os que foram abordados por Fachinetto (1996). No decorrer da pesquisa em que discutiu que “dependendo da concentração das partículas inaladas, pode haver várias reações respiratórias. ”

No treinamento dos alunos é utilizado matéria prima e gases para o processo de soldagem, é possível que o uso desse material ocasione custos a instituição de capacitação. Os custos em treinamento pode ser um fator de

resistência das indústrias em encaminhar seus operadores para treinamentos de atualização de processos e reciclagem.

A entrevista realizada com um instrutor que aplica as aulas através do simulador de solda, realizada online a partir de rede social, já que em Manaus não existe a presença do equipamento nos centros de treinamentos de solda, apresentou dados interessantes sobre o desempenho da máquina, como a praticidade, facilidade e segurança que proporciona ao instrutor e seus alunos.

Quanto aos parâmetros de: flexibilidade obtém-se múltiplos processos e posições de soldagem, inúmeras configurações de juntas, ferramentas disponíveis para os instrutores realizarem alterações baseadas no estilo e no programa de soldagem preferidos; referente a inovação apresenta Som de soldagem e aparência da poça de fusão realísticos; Sistema de monitoramento magnético; fornece medições precisas para avaliação dos operadores;

Referente as vantagens econômicas e ambientais, não apresenta resíduos, arames ou consumíveis de soldagem e com relação ao desempenho em treinamentos, as sugestões visuais fornecem informações em tempo real; registra e facilita a verificação do trabalho realizado

O contato via e-mail com fornecedor do simulador permitiu informações sobre os custos do equipamento. Segundo o assessor comercial da empresa que oferece 1 ano de garantia, entrega com treinamento e instalação, impostos inclusos e frete também, o custo: para indústria gira em torno de R\$ 145.000,00 para 1 unidade. Para escolas em torno de R\$ 130.000,00 unitário, para 3 equipamentos ou mais o valor fica em R\$ 115.000,00.

Estes resultados da pesquisa ofereceram informações detalhadas sobre os assuntos abordados com a intenção de atender aos objetivos propostos no estudo que são apresentar as funções do simulador de solda, investigar os custos para a adoção do simulador de solda e apresentar as vantagens da utilização do simulador de solda.

Atendendo aos objetivos da pesquisa, a metodologia adotada facilitou a obtenção das informações e esclareceu a dúvida que norteou o estudo, neste caso, quais são as vantagens que estes sistemas baseados em computadores apresentam com relação ao treinamento com equipamentos tradicionais. Tanto as informações relacionadas as vantagens, quanto os custos de implantação do sistema foram importantes para uma conclusão acerca do estudo em questão.

## CONCLUSÕES

Levando em consideração a importância do processo de soldagem na industrialização, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de investigar acerca das vantagens do uso de simuladores de solda em ambiente de treinamento de soldadores, com a intenção de elucidar o que este equipamento pode oferecer em termos de custo benefício para os processos industriais a partir da melhoria das práticas de treinamento de operadores de solda.

Para o embasamento literário, abordou-se as características, funções, aplicações e vantagens referentes aos equipamentos de simulação de soldagem em ambiente de treinamentos de soldadores. Estas referências reforçaram a intenção de continuar e seguir metodologia definida.

A pesquisa de campo proporcionou uma aproximação da realidade onde ocorre o fenômeno, ou seja, o local onde ocorre o treinamento em processo de soldagem. Neste momento foi possível visualizar as ações que ocorrem no local e as reações provocadas pela fumaça, pelo calor e pela intensa luz resultantes da soldagem. O ambiente acaba por tornar-se um tanto agressivo fisiologicamente falando.

A técnica de entrevista reforçou o que até dado momento, já era esperado, o simulador de solda apresenta vantagens com relação aos equipamentos tradicionais na aplicação de treinamentos de soldadores. Segundo o instrutor entrevistado, “o simulador permite aos alunos iniciarem a prática com uma noção bem melhor, facilita para o docente. ”

Torna-se importante frisar que, além dos ganhos de produtividade e economia com a adoção do equipamento, as vantagens relacionadas a integridade do trabalhador reforçam a necessidade de estudo sobre a possibilidade de adoção dos simuladores por outras unidades de treinamento.

Observa-se, então, que as vantagens apresentadas sobre o simulador de solda são inúmeras. Os ganhos a longo prazo com a adoção desta nova tecnologia podem ser bastante significativos. No entanto, para esclarecer melhor estas vantagens propõem-se uma análise mais apurada no que tange a economia, às agressões ambientais e ao próprio organismo humano que exposto a inalação de gases durante o treinamento pode ter sua saúde prejudicada. Além disso destaca-se aqui que o simulador não substitui a prática ele a complementa.

## REFERÊNCIAS

ALVES, José Ferreira. **Estudo dos fumos e gases gerados no processo de soldagem gas metal arc welding (gmaw) em duas empresas do segmento metal mecânico de pernambuco.** Disponível em: [https://repositorio.ufpe.br/.../Tese%20PPGEM%20Doutorado%20Sérvulo%20José%](https://repositorio.ufpe.br/.../Tese%20PPGEM%20Doutorado%20Sérvulo%20José%20) 2. Acesso em; abril de 2018.

BATALHA, F. Gilmar. **Processos de Fabricação: Junção, Soldagem e Brasagem.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Depto. De Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos, 2003. Disponível em < [http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/soldagem\\_brasagem.pdf](http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/soldagem_brasagem.pdf)> .Acesso em abril de 2018.

BESSA, Paulo César. **Processo de Soldagem MIG/MAG.** Alusolda 2017. Disponível em: [www.alusolda.com.br/conteudo/processo-de-soldagem-migmag.html](http://www.alusolda.com.br/conteudo/processo-de-soldagem-migmag.html). Acesso em: maio de 2018.

BURGESS, William A. **Identificação de possíveis riscos à saúde do trabalhador nos diversos processos industriais.** Tradução Ricardo Baptista. Belo Horizonte: Ergo Editora, 1997.

CHIAVENATO, Idalberto. **Treinamento e desenvolvimento de Recursos Humanos - como incrementar talentos na empresa.** 6ª Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LINCOLN ELETRIC. **Linha de Simuladores de Soldagem.** Disponível em <http://www.lincolnelectric.com.br/equipamentos/setor-educacional/vrtex-360>. Acesso em: maio de 2018.

MARCONI, M. de A. LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MODENESI, Paulo J.; MARQUES, Paulo Villani. **Introdução aos Processos de Soldagem,** Soldagem I, p. 1, 2006.

NERIS, Messias Manoel. **Soldagem: Controle e Processos Industriais.** CETEC-capacitações. São Paulo, 2012. Disponível em < [http://www.cpscetec.com.br/cpscetec/arquivos/apostila\\_soldagem.pdf](http://www.cpscetec.com.br/cpscetec/arquivos/apostila_soldagem.pdf)> . Acesso em abril de 2018.

FACHINETTO, Jefferson Luiz. **Avaliação dos Fumos Produzidos por Diversos Processos de Soldagem.** Porto Alegre: 1996, 127 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais) - Escola de Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FANTAZZINI, Mario Luiz. **Higiene e Segurança na soldagem.** Coleção Tecnologia SENAI - Soldagem. 553p. São Paulo SP, 1997.

FISPQ - **(Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico) do dióxido de carbono**, Disponível em:

<http://www.br.airliquide.com/file/otherelement/pj/e0/d1/78/7f/23.010%20%20di%C3%B3xido%20de%20carbono%20%C3%ADquido%20refrigerado7015882178484633319.pdf> >. Acesso em: 12 mar. de 2008.

SOBES - Sociedade Brasileira de Engenharia de Segurança. **Gases e vapores no ambiente de trabalho** com soldagem Disponível em:

<https://enderecodaprevencao.blogspot.com/2015/02/sobes-sociedade-brasileira-de.html> Acesso em: maio de 2018.

LOARINI, Lourival. **Toxicologia** 2ª. Ed., São Paulo, Editora Manole, 1993.

NEDERMAN. **Riscos e soluções para os fumos de solda**. Disponível em: [https://www.nederman.com/ptbr/industry\\_solutions/welding\\_and\\_cutting/health\\_and\\_safety](https://www.nederman.com/ptbr/industry_solutions/welding_and_cutting/health_and_safety)

REVISTA WELDING. **Seis maneiras de evitar defeitos em soldas**. 2009. Disponível em: [www.metalica.com.br/seis-maneiras-de-evitar-defeitos-em-soldas](http://www.metalica.com.br/seis-maneiras-de-evitar-defeitos-em-soldas). Acesso em: maio de 2018.

WEMAN, Klas. **Uma história da soldagem**, Edição Especial Tradução da Revista Svetsaren editada pela ESAB da Suécia, em comemoração aos 100 anos da 42ª empresa. Revista Solução, pag.30. abril. 2004. Disponível em: [http://www3.esab.com.br/Revista\\_Solucao\\_200505.pdf](http://www3.esab.com.br/Revista_Solucao_200505.pdf). Acesso em: maio de 2018

SENAI. DR. PE. Tecnologia de solda. Apostila. Disponível em: <https://www.scribd.com/document/111234660/Apostila-Tecnologia-de-Solda-SENAI>. Acesso em: maio de 2018.