



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



Bruna Dal Castel Dellay

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UM PROJETO DE AQUISIÇÃO DE UMA
CÉLULA DE SOLDAGEM ROBOTIZADA**

Passo Fundo

2021

Bruna Dal Castel Dellay

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UM PROJETO DE AQUISIÇÃO DE UMA
CÉLULA DE SOLDAGEM ROBOTIZADA**

Trabalho Final de Graduação apresentada
ao Curso de Engenharia de Produção na Faculdade
de Engenharia e Arquitetura da Universidade de
Passo Fundo.

Orientador: Professor Anderson Hoose, Mestre.

Passo Fundo

2021

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UM PROJETO DE AQUISIÇÃO DE UMA
CÉLULA DE SOLDAGEM ROBOTIZADA**

Bruna Dal Castel Dellay

Data de apresentação: Passo Fundo, 07 de julho de 2021.

Os membros componentes da Banca Examinadora abaixo aprovam o Trabalho de Conclusão
de Curso

Anderson Hoose, Mestre.

Orientador

Universidade de Passo Fundo

Anderson Hoose, Mestre.

Universidade de Passo Fundo

Juliana Kurek, Mestre.

Universidade de Passo Fundo

Nilo Alberto Scheidmandel, Mestre.

Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo

2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, aos meus pais, Izadora e Marcelo, ao meu noivo Leonardo, aos meus avós, Edima, Waldemiro e Elza, aos meus irmãos Mateus e Maitê, os quais são essenciais na minha vida, sempre acreditando na minha capacidade, me apoiando e dando suporte para chegar até aqui, cada um à sua maneira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu saúde, fé, coragem e perseverança para não desistir, permitindo que eu chegasse até aqui.

Agradeço a minha família e amigos, pela paciência e compreensão além de todo suporte emocional e financeiro dado a mim nestes anos para poder concluir esta etapa.

Agradeço também aos professores da Universidade de Passo Fundo, em especial ao orientador deste estudo, professor Anderson Hoose, pelas importantes contribuições e pela disponibilidade neste período destinado à orientação.

E a todos que fizeram parte da minha trajetória, que foi longa, mas muito importante para meu amadurecimento, fica minha imensa gratidão.

RESUMO

O investimento em tecnologias e processos automatizados tem sido imprescindível nas empresas do ramo agrícola, levando em consideração principalmente a redução de custos e otimização de processos. Diante deste contexto, este estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica da aquisição de uma célula de soldagem robotizada como um dos meios de atingir as demandas futuras, em uma empresa de máquinas e implementos agrícolas situada no Noroeste do Rio Grande do Sul. Para isso, a metodologia aplicada foi de pesquisa exploratória, como estudo de caso, onde se fez a avaliação de todos os dados necessários para que fosse possível projetar da forma mais acurada possível todos os custos que envolvem a aquisição de uma célula de soldagem robotizada no padrão estabelecido pela empresa, bem como a estimativa de ganhos com o investimento. Para isso, foram utilizados métodos de engenharia econômica como Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e Tempo de retorno do investimento. Dentre os principais resultados tem-se um rápido retorno do investimento, visto os ganhos em produtividade, bem como o aumento da capacidade e automação do processo de soldagem.

Palavras-chave: Análise de viabilidade, Soldagem Robotizada, Agronegócio, Implementos Agrícolas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo básico de soldagem MIG/MAG.	16
Figura 2 - Célula de soldagem robotizada.....	19
Figura 3 - Principais componentes de uma tocha de soldagem robotizada.....	20
Figura 4 - Robô com base fixa.	21
Figura 5 - Robô com deslocamento em trilhos.....	22
Figura 6 - Perfil e penetração do cordão com diferentes tipos de gases.....	24
Figura 7 - Penetração da solda em relação a amperagem.....	26
Figura 8 - A influência da tensão no perfil do cordão de solda.....	26
Figura 9 - Influência da velocidade de soldagem em função da penetração de solda.....	27
Figura 10 - Distância entre o bico de contato e a peça.....	27
Figura 11 - Influência da inclinação da tocha na penetração do cordão de solda.	28
Figura 12 - Equação do valor presente líquido.....	29
Figura 13 - Equação da taxa interna de retorno.....	30
Figura 14 - Equação do payback descontado.	31
Figura 15 - Esquema da metodologia de trabalho.....	33
Figura 16 - Imagem em 3D da célula contemplada.....	36
Figura 17 - Braço robótico de solda.	37
Figura 18 - Caixa de comando controlador e fonte.....	38
Figura 19 - Tocha, unidade de limpeza e unidade de refrigeração.....	38
Figura 20 - Ilustração do touch sensor.	39
Figura 21 - Imagem dos posicionadores.	40
Figura 22 - Imagem da mesa.....	40
Figura 23 - Tela inicial de comunicação.	41
Figura 24 - Exaustor de fumos.	42
Figura 25 – Planilha de análise de conjuntos para soldagem robotizada.	43
Figura 26 - Amostragem dos conjuntos soldados.	44
Figura 27 – Representação gráfica de ganhos anuais.....	46

LISTA DE ABREVIACÕES

AWS: Sociedade Americana de soldagem

CNA: Confederação da agricultura e pecuária do Brasil

CNC: Comando numérico computadorizado

GAP: Falhas, espaços

GMAW: Soldagem de arco a gás

MAG: Gás de metal ativo

MIG: Gás de metal inerte

TIR: Taxa interna de retorno

VPL: Valor presente líquido

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Especificações AWS de materiais de adição para MIG/MAG.....	20
Tabela 2: Análise de ganhos.....	46
Tabela 3: Relação de dados do investimento.....	47
Tabela 4: Fluxo de caixa.....	48
Tabela 5: Valor Presente Líquido.....	48
Tabela 6: Valor Presente Acumulado.....	49
Tabela 7: VPL, TIR, Payback simples e descontado.....	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2 PROBLEMA	13
1.3 JUSTIFICATIVAS	14
1.4 OBJETIVOS	14
1.4.1 Objetivo Geral	14
1.4.2 Objetivos Específicos	15
2.1 SOLDAGEM COM PROTEÇÃO GASOSA - MIG/MAG	16
2.2 SOLDAGEM ROBOTIZADA	17
2.2.1 Equipamentos do processo de soldagem robotizado MIG/MAG	18
2.2.1.1 Fontes de energia	19
2.2.1.2 Tocha, bico de contato e bocais	20
2.2.1.3 Robô de solda	21
2.2.1.4 Alimentador do arame	22
2.2.1.5 Consumíveis	22
2.3 VARIÁVEIS DO PROCESSO E SUAS INFLUÊNCIAS	25
2.3.1 Corrente elétrica (amperagem)	25
2.3.2 Tensão de soldagem	26
2.3.3 Velocidade de soldagem	26
2.3.4 Extensão do eletrodo	27
2.3.5 Inclinação da tocha	27
2.4 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS	28
2.5 MÉTODOS DE ANÁLISE ECONÔMICA PARA INVESTIMENTOS	28
2.5.1 Valor Presente Líquido (VPL)	29
2.5.2 Taxa Interna De Retorno (TIR)	29
2.5.3 Tempo de recuperação de investimento (<i>payback</i>)	30
3 MÉTODO DO TRABALHO	32
3.1 OBJETO DE ESTUDO	32
3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	32
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	35
4.1 DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO ROBÔ	36
4.1.1 Braço robótico de solda	37

4.1.2 Controlador e fonte Tawers.....	37
4.1.3 Kit tocha de soldagem	38
4.1.4 <i>Touch Sensor e wire clamp</i>	39
4.1.5 Posicionadores de giro horizontais.....	39
4.1.6 Berços para posicionamento de dispositivos de soldagem	40
4.1.7 Sistema de gerenciamento de célula.....	41
4.1.8 Exaustão de fumos	41
4.2 AMOSTRAGEM DOS CONJUNTOS SOLDADOS	42
4.2.1 Avaliação das peças	42
4.2.2 Avaliação dos dispositivos de soldagem.....	44
4.2.3 Avaliação dos ganhos	45
4.3 ANÁLISE DO INVESTIMENTO	46
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	48
4.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO INVESTIMENTO.....	49
4.5.1 Vantagens de uma célula de soldagem.....	49
4.5.2 Desvantagens de uma célula de soldagem	50
5 CONCLUSÃO.....	51

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A soldagem de acordo com Brandi (1992) caracteriza-se pelo processo de união entre duas chapas metálicas utilizando uma fonte de calor, e atualmente é um dos processos de união metálica mais utilizados na indústria metal mecânica.

O conceito de soldagem MIG/MAG tornou-se comercial após a Segunda Guerra Mundial, e está inserido nas indústrias do mundo inteiro como um dos principais processos de solda.

Porém, com a crescente demanda e a necessidade em aumentar cada vez mais a produtividade em um mercado extremamente competitivo, o processo MIG/MAG convencional começa a não atender mais plenamente às necessidades das indústrias no que diz respeito à produtividade (SCOTTI; PONOMAREV, 2008).

Além do mais a maioria das empresas exige que os operadores tenham cursos de solda para trabalhar, porém, a mão de obra qualificada está cada vez mais em falta no mercado. Um estudo feito pela empresa de telecomunicações Engeplus (2020), juntamente com os sindicatos empresariais do Brasil, aponta que o setor metal mecânico é um dos mais atingidos. O levantamento mostra a necessidade por vários profissionais e entre eles estão os soldadores.

Outro ponto de destaque neste processo, é quanto a segurança dos operadores, visto que, estão sujeitos a itens agressivos como respingos de solda, radiações ultravioletas e infravermelha, fumos em ambientes fechados, queimaduras por peças quentes e choques elétricos, além de manter-se por horas em posições desconfortáveis e expostos a ruídos.

Esses fatores somados a necessidade de aumentar a produtividade, garantindo qualidade, segurança, padronização e otimização é um dos desafios atuais das indústrias que trabalham com o processo de solda. Um recurso que vem atendendo tais expectativas é a automação através de robôs de solda, tendo em vista que, suas principais características são a elevada capacidade produtiva, garantia de qualidade e trabalho padronizado.

Em vista disso, este estudo apresenta uma análise da viabilidade da compra de um robô de solda para atingir as projeções de demanda para o ano de 2021, em uma empresa de máquinas e implementos agrícolas situada na região Norte do estado do Rio Grande do Sul.

1.2 PROBLEMA

Nos últimos 40 anos, olhando para o cenário agrícola, o Brasil saiu da condição de importador de alimentos para se tornar um grande provedor para o mundo. Dados da Embrapa divulgados em 2018 mostram que entre os anos de 1975 e 2017, a produção de grãos como: arroz, feijão, milho, soja e trigo, que era de 38 milhões de toneladas, cresceu mais de cinco vezes, atingindo 236 milhões, enquanto a área plantada aumentou apenas 60%, demonstrando assim, a evolução quanto a produtividade no campo.

O país atualmente é o segundo maior exportador de soja, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. De acordo com o canal da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), neste ano do período de janeiro a abril, as exportações registram uma receita de US\$31,4 bilhões, sendo 37% desse valor apenas em grãos de soja, com uma alta de 5,9% se comparada ao ano de 2019.

Deste modo, a empresa em estudo esteve avaliando o mercado nos últimos meses, projetando suas expectativas para o ano de 2021, e concluiu que, a demanda duplicou se comparada a 2020. Este cenário já era esperado, pois a indústria vem desenvolvendo soluções com altas tecnologias e qualidade para seus clientes, o que tem aumentado exponencialmente a demanda a cada ano.

À vista disso, faz-se necessário estudar a capacidade e realizar ajustes, caso necessário, para suprir tal demanda sem haver impacto de produção bem como, nas entregas para os clientes.

Para o processo de soldagem que é a questão desse estudo, foi observado que, serão necessárias modificações para conseguir atender a demanda sem se tornar gargalo. Sendo assim, como uma das alternativas, levantou-se a hipótese da aquisição da compra de mais uma célula de soldagem robotizada, visto que, possui uma alta produtividade, além da garantia da qualidade. Porém, esta tecnologia possui um alto custo de aquisição, além do desenvolvimento de dispositivos, programações, estudo de capacidade e homologação do equipamento.

Neste contexto, a questão da pesquisa é: **a aquisição de uma nova célula de soldagem robotizada como um dos recursos necessários para atingir a demanda projetada, é viável?**

1.3 JUSTIFICATIVAS

Pode ser definido como automação, qualquer sistema apoiado em computadores que substitui o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da agilidade de produção ou da redução de custos. (MORAES E CASTRUCCI, 2007).

O investimento em tecnologias e processos automatizados tem sido imprescindível nas empresas de máquinas e implementos agrícolas, levando em consideração os principais objetivos como a redução de custos, otimização de processos e geração de lucro. O ramo agrícola está em constante evolução e as empresas precisam pensar em inovações para se destacar e manter-se competitivas frente ao amplo mercado.

Os robôs industriais são equipamentos essenciais para a indústria, e serão cada vez mais importantes nas fábricas do futuro, pois além de serem máquinas flexíveis e inteligentes são capazes de realizar tarefas repetitivas em altos níveis de qualidade.

De acordo com (CARRY, 1995), a automação do processo de soldagem tem por objetivo, afastar o soldador do contato direto com o processo, assim, diminuindo ou até mesmo eliminando seu envolvimento durante a operação.

Merrifield (2005) destaca que os robôs tiveram uma evolução muito rápida desde seu início e um dos fatores que contribuíram para o crescimento da automatização da robótica industrial foi a alta demanda da produção, uma vez que, um produto pode ser produzido em quantidades maiores no mesmo tempo ou até mesmo com tempos reduzidos com pouco ou nenhum aumento na força de trabalho.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo geral apresentar a análise de viabilidade na aquisição de uma célula de soldagem robotizada como um dos meios de suprir a demanda futura de soldagem em uma empresa de máquinas e equipamentos agrícolas.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral seja alcançado, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar a situação atual, quanto a necessidade de colocar um novo robô de solda;
- Avaliar a viabilidade da aquisição da nova Célula de Soldagem Robotizada;
- Mensurar os ganhos de produtividade;

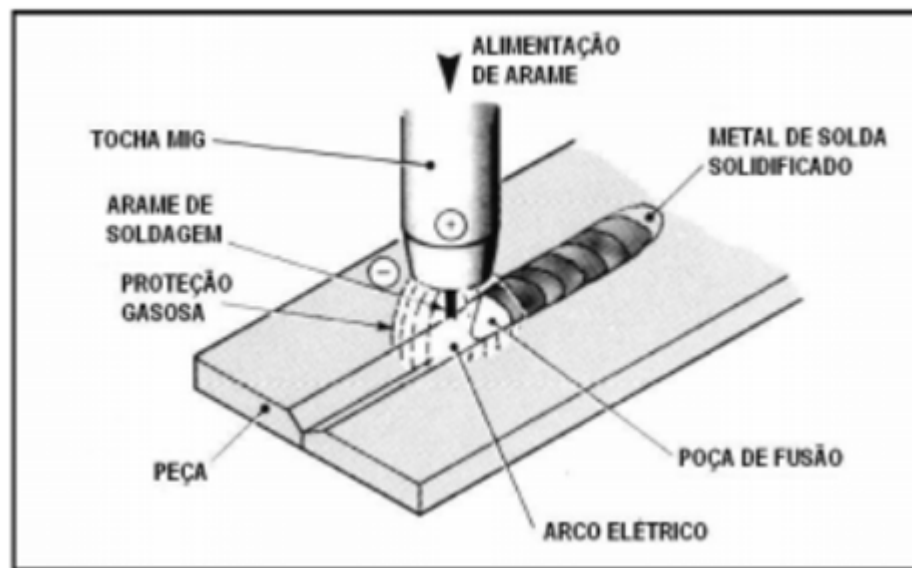
2 REVISÃO DA LITERATURA

A partir da ideia de estudo a ser realizado, faz-se necessário buscar teorias acerca do tema proposto, baseado em livros e artigos científicos que sustentam esta pesquisa.

2.1 SOLDAGEM COM PROTEÇÃO GASOSA - MIG/MAG

O processo de soldagem robotizado MIG/MAG (*Metal Inert Gas/Metal Active Gas*) ou GMAW (Gas Metal Arc Welding) é estabelecido por um arco elétrico entre a peça e o consumível na forma de arame. O arco funde continuamente o arame à medida que este é alimentado a poça de fusão. O metal de solda é protegido da atmosfera pelo fluxo de gás (ou mistura de gases) inerte ou ativo (ESAB, 2005). A Figura 1 mostra este processo.

Figura 1 - Processo básico de soldagem MIG/MAG.



Fonte: Esab, 2004.

Para uma melhor compreensão, Ramalho et al, (2002) explica as siglas, sendo:

- MIG: quando a proteção gasosa utilizada for constituída de um gás inerte, ou seja, um gás normalmente monoatômico como o Argônio ou Hélio, e que não tem nenhuma atividade física com a poça de fusão;

- MAG: quando a proteção gasosa é feita com um gás ativo, ou seja, um gás que interage com a poça de fusão, normalmente Dióxido de Carbono (CO₂).

- GMAW: é a designação que engloba os dois processos acima citados.

Neste processo de soldagem a fonte de energia fornece tensão (voltagem) constante e corrente (amperagem) contínua. O ajuste da amperagem é feito variando-se a velocidade de alimentação do arame. Quanto maior a velocidade, maior a corrente que a fonte fornece para fundir o arame eletrodo (SUMIG, 2016).

Na soldagem MIG/MAG trabalha-se com polaridade reversa, isto é, o arame de soldagem está ligado na polaridade positiva e a peça-obra ligada a polaridade negativa (BRANDI, 1992).

O ajuste de tensão é feito na fonte, e esta variável é que vai fornecer a energia necessária para gerar uma quantidade de corrente compatível com a velocidade do arame selecionada. Para uma tensão de trabalho definida, existe uma velocidade de arame em que o arco e a transferência metálica são mais estáveis com pouca geração de respingos (SOLCI, 2016, p. 4).

O autor também destaca as principais características do processo:

- a) Alta taxa de deposição (alta produtividade): 6,0 kg / hora com arame sólido e 12 kg / hora com arame tubular;
- b) Solda em todas as posições;
- c) Solda a maioria dos metais;
- d) Pouca geração de fumos;
- e) Bom acabamento, principalmente com a utilização de misturas a base de argônio;
- f) Pode ser facilmente automatizado;

2.2 SOLDAGEM ROBOTIZADA

A indústria da automação e robótica começou, aproximadamente, há uns 30 anos atrás. Os elevados custos de produção, aumento de demanda, qualidade e melhores condições de trabalho é o caminho para automatização dos processos. (MERRIFIELD, 2005).

Por muitos anos, os robôs industriais foram usados em diversos processos de soldagem como por exemplo na solda ponto por resistência (RSW), soldagem a arco com proteção gasosa (GMAW), soldagem a laser (LBW), entre outros (ALVEZ, 2009).

De acordo com Merrifield (2005 apud ALVEZ, 2009, p. 5) os robôs tiveram uma evolução muito rápida desde seu início e muitos fatores contribuíram para o crescimento da automatização da robótica industrial podendo-se citar:

- a) Controle de processo: se faz necessário monitorar os robôs, pois fornecem muitos recursos com relação ao processo e desenvolvimento de modos para identificar e prevenir erros antes que eles aconteçam;

- b) Falta de mão de obra qualificada: Utilizando robôs diminui o nível de requisitos de qualificação do operador;
- c) Saúde e segurança: o processo de soldagem é um trabalho árduo devido ao soldador estar exposto ao calor, radiações, gases e fumos metálicos. Robôs podem eliminar esse contato direto com o processo e oferecem melhores condições de trabalho para os soldadores;
- d) Padrões de qualidade inaceitáveis: consumidores exigem qualidade consistente isto faz com que mude o modo de fabricar produtos ou componentes. Tolerâncias mais apertadas são requeridas nos projetos de modo que o produto se torne confiável, com a automação consegue se assegurar um nível de qualidade diminuindo custo com rejeição ou retrabalhos;
- e) Incremento de produção: um produto pode ser produzido em quantidades maiores no mesmo tempo ou até mesmo com tempos reduzidos com pouco ou nenhum aumento na força de trabalho limitando somente ao espaço para a expansão;
- f) Custos de produção: para fabricar, são vários fatores que aumentam os custos de produção como, salários, inflação, impostos mais altos e despesas de utilidade, aumentos materiais e custo operacional;

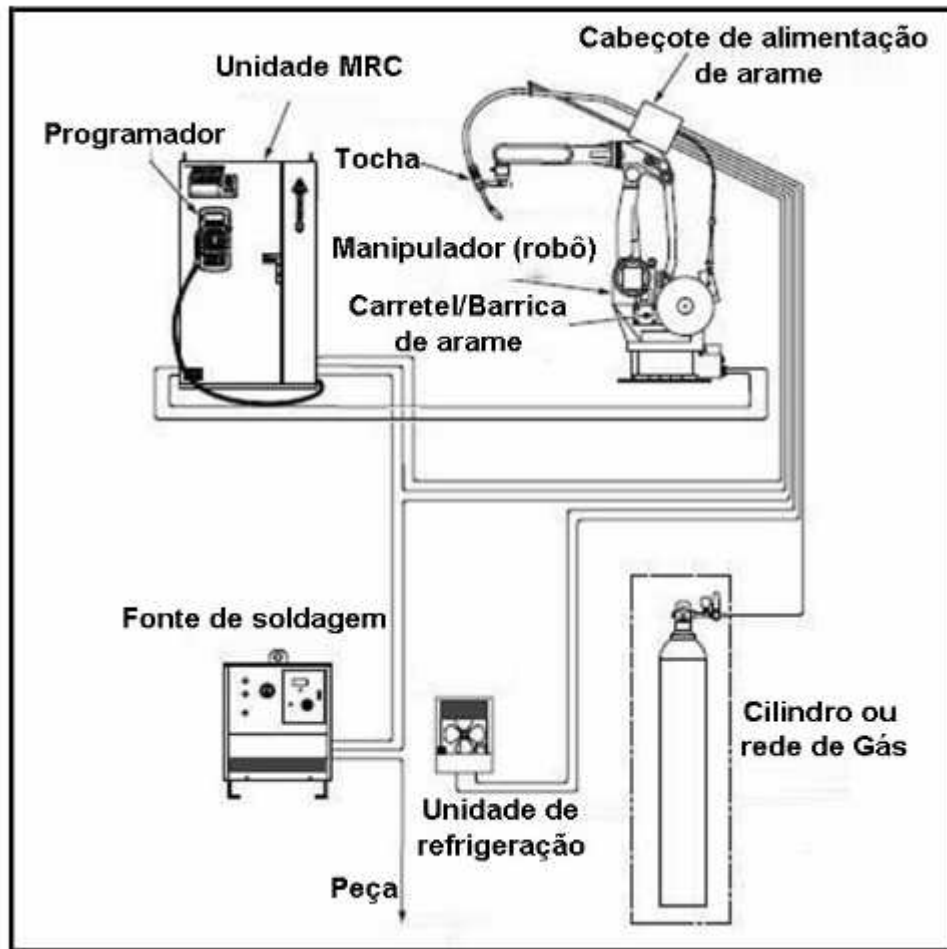
2.2.1 Equipamentos do processo de soldagem robotizado MIG/MAG

Os principais equipamentos do sistema de soldagem robotizada MIG/MAG são:

- a) Robô de solda;
- b) Tocha;
- c) Posicionadores;
- d) Fonte de energia;
- e) Estação de limpeza;
- f) Sistema de segurança;
- g) Alimentador de arame;
- h) Consumíveis (Gás de proteção e arame);

Através da Figura 2, pode-se visualizar uma célula de solda robotizada e seus componentes.

Figura 2 - Célula de soldagem robotizada.



Fonte: Alvez, 2009.

A seguir serão abordadas as características dos principais equipamentos que compõem uma célula de soldagem robotizada.

2.2.1.1 Fontes de energia

Atualmente existem dois tipos básicos de fonte de soldagem para o processo MIG/MAG: as fontes convencionais e as fontes pulsadas.

As fontes convencionais fornecem corrente contínua, tensão constante e são empregadas na maioria dos casos de soldagem MIG/MAG. Esta fonte proporciona uma tensão do arco relativamente constante durante a soldagem. Esta tensão determina o comprimento do arco. Quando ocorre uma variação brusca da velocidade de alimentação do arame, ou uma mudança momentânea na tensão do arco, a fonte aumenta ou diminui abruptamente corrente (e, portanto, a taxa e fusão do arame) dependendo da mudança no comprimento do arco. Como resultado, alterações permanentes no comprimento do arco são efetuadas ajustando-se a tensão de saída da fonte. (ESAB, 2005).

Já, as fontes pulsadas fornecem corrente contínua, mas sua intensidade varia no decorrer do tempo entre uma corrente de pico e uma corrente de base, a transferência da gota é feita quando a corrente atinge o valor de pico. Essas fontes propiciam soldas de alta qualidade mecânica e ótimo acabamento, sendo indicadas para a soldagem do alumínio, aços inoxidáveis e aços ao carbono onde a responsabilidade da estrutura a ser soldada é muito alta, como na soldagem de vasos de pressão. (SUMIG, 2016).

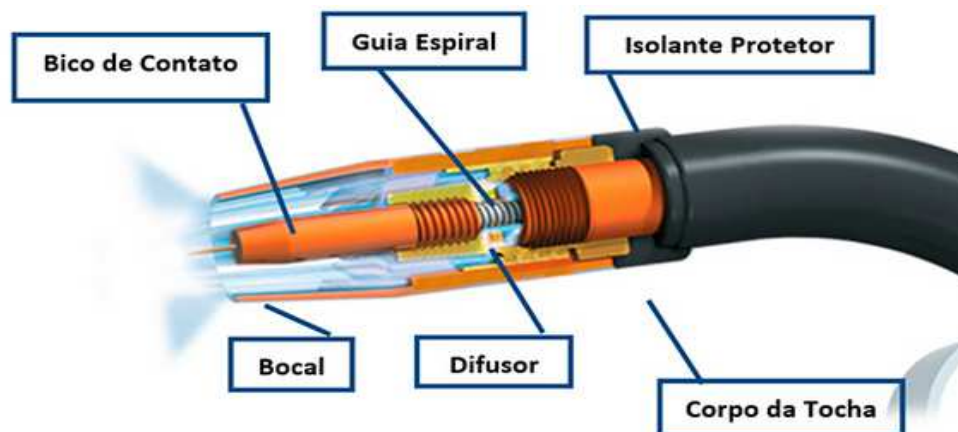
Para complementar Modenesi (2004, p. 5) afirma que “o aumento da intensidade da fonte reduz o tempo necessário para a criação da poça de fusão e aumenta a sua penetração no metal de base. Desta forma, fontes de maior intensidade tendem a resultar um processo de soldagem de maior produtividade”.

2.2.1.2 Tocha, bico de contato e bocais

A tocha guia o arame e o gás de proteção para a região da peça a ser soldada. As tochas utilizadas no processo de soldagem MIG/MAG robotizada trabalham a altos ciclos de trabalho, sendo necessário um sistema de refrigeração do qual é responsável pelo aumento da vida útil dos consumíveis.

Esses consumíveis consistem basicamente em um bico e contato que faz a energização do arame-eletrodo e de um bocal que orienta o fluxo de gás protetor. O bico de contato é um pequeno tubo a base de cobre, já o bocal é feito de cobre ou material cerâmico e deve ter um diâmetro compatível com a corrente de soldagem e o fluxo de gás a ser utilizado (RAMALHO; GIMENEZ, 2002). Na Figura 3, podemos observar os componentes.

Figura 3 - Principais componentes de uma tocha de soldagem robotizada.

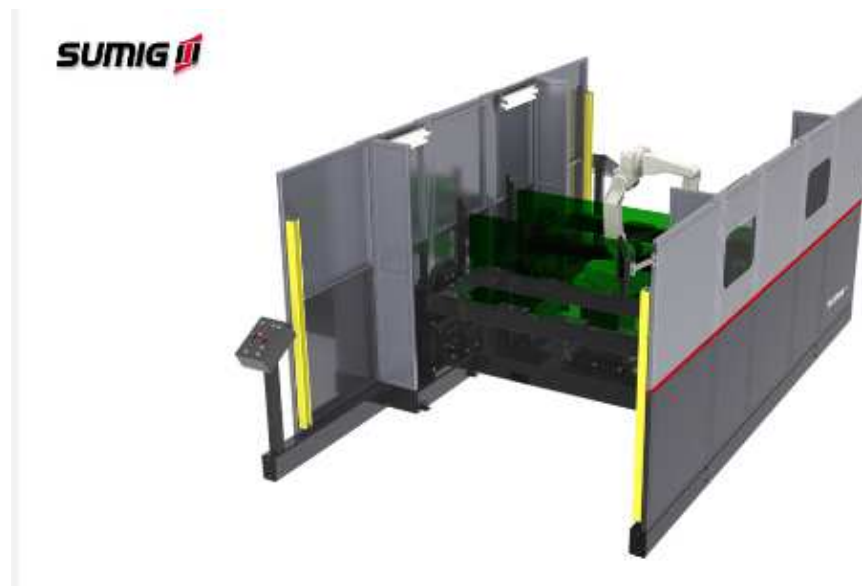


Fonte: Sumig, 2020.

2.2.1.3 Robô de solda

De acordo com Perez (2007), os robôs utilizados para o processo de soldagem são manipuladores programáveis com capacidade de carga específica para carregar uma tocha de (6Kg) em média. Geralmente são montados em bases fixas, a frente dos dispositivos. Mas também existem modelos que possuem mais graus de liberdade onde são manipulados através de carros que se deslocam em um eixo coordenado em relação a peça. Nas Figuras 4 e 5, estão representados os dois modelos de células. Existem também, robôs com tecnologias que captam a posição relativa entre os componentes das juntas permitindo assim, correções quanto ao posicionamento para evitar falhas de soldagem.

Figura 4 - Robô com base fixa.



Fonte: Sumig, 2020.

Figura 5 - Robô com deslocamento em trilhos.



Fonte: Sumig, 2020.

2.2.1.4 Alimentador do arame

O alimentador do arame normalmente utilizado na soldagem robotizada, fica localizado sobre o robô e também é chamado de cabeçote. É responsável pelo transporte do arame desde o carretel ou barrica até o arco de soldagem através de seus cabos. Este é acionado por um motor de corrente contínua e fornece arame a uma velocidade constante. Não existe qualquer ligação entre o alimentador e a fonte de energia, entretanto, ajustando a velocidade de alimentação do arame, ajusta-se a corrente de soldagem fornecida pela máquina (RAMALHO; GIMENEZ, 2002).

2.2.1.5 Consumíveis

Os principais consumíveis utilizados na soldagem MIG/MAG são: 1) gases de proteção; e 2) arames eletrodos.

1) GASES DE PROTEÇÃO - Segundo Modenesi (2004) a composição química da atmosfera do arco influencia características como a facilidade de ionização e a transferência de calor do arco para o meio ambiente. Estes efeitos por sua vez afetam a condutividade elétrica do arco. Sendo assim os gases tem a função de proteger a poça de fusão dos contaminantes do ar atmosférico, proporcionando estabilidade.

Dentre os principais gases de proteção utilizados no processo de soldagem MIG/MAG, temos o Argônio (Ar), e o Hélio (He), os quais são considerados inertes (não reativos), além do

Dióxido de Carbono (CO₂) e o Nitrogênio (N₂) que são considerados ativos (reativos). Alguns gases são utilizados puros ou misturados entre si. (PEREZ, 2007)

Sob o calor do arco, os gases de proteção respondem de maneiras diferentes. O fluxo de corrente no arco, e sua magnitude, tem um efeito profundo no comportamento da gota derretida. Em alguns casos, um determinado gás de proteção se prestará de maneira ideal a um modo de transferência, mas será incapaz de atender às necessidades de outro (LINCOLN, 1998). Três critérios básicos são úteis na compreensão das propriedades do gás de proteção:

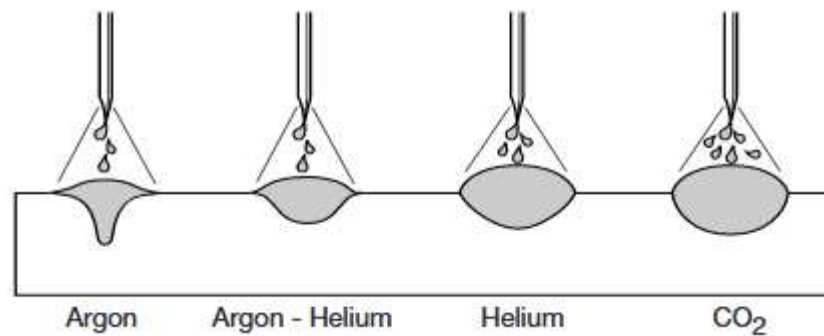
- 1) Potencial de ionização dos componentes do gás;
- 2) Condutividade térmica dos componentes do gás de proteção;
- 3) A reatividade química do gás de proteção com a poça de fusão fundida;

Argônio e hélio são os dois gases de proteção inertes usados para proteger a poça de fusão. A classificação inerte indica que nem o argônio nem o hélio reagirão quimicamente com a poça de fusão fundida. Porém, para se tornar um condutivegas, ou seja, um plasma, o gás deve ser ionizado. Gases diferentes requerem diferentes quantidades de energia para ionizar, e isso é medido em termos de energia de ionização (LINCOLN, 1998).

A condutividade térmica, ou a capacidade do gás de transferir energia térmica, é a consideração mais importante para selecionar um gás de proteção. Altos níveis de condutividade térmica resultam em maior condução da energia térmica na peça de trabalho. A condutividade térmica também afeta a forma do arco e a distribuição da temperatura na região. O argônio tem uma taxa de condutividade térmica mais baixa - cerca de 10% do nível do hélio e do hidrogênio (LINCOLN, 1998).

A alta condutividade térmica do hélio fornecerá um padrão de penetração mais amplo e reduzirá a profundidade de penetração. As misturas de gases com altas porcentagens de argônio resultarão em um perfil de penetração com uma projeção semelhante a um dedo no material de base, e isso se deve à baixa condutividade térmica do mesmo, como pode ser observado na Figura 6. (LINCOLN, 1998).

Figura 6 - Perfil e penetração do cordão com diferentes tipos de gases.



Fonte: Lincoln, 1998.

O CO₂, é usado exclusivamente para a soldagem de aços-carbono e aços de baixa liga. As vantagens do seu uso são baixo custo e elevadas penetração e velocidade de soldagem, porém pode gerar excesso de respingos e porosidades. A adição do Argônio ao CO₂ encarece a mistura, mas melhora o acabamento de soldagem, diminui a quantidade de respingos e auxilia na soldagem de chapas finas devido a diminuição da temperatura do arco. (PEREZ, 2007).

2) ARAMES - Os arames para soldagem são constituídos de metais ou ligas metálicas, que possuem composição química, dureza, condições superficiais e dimensões controladas. Os arames de má qualidade em termos destas propriedades citadas, podem produzir falhas de alimentação, instabilidade do arco e descontinuidades do cordão de solda. (RAMALHO; GIMENEZ, 2002).

Os arames de aço carbono geralmente ganham uma camada superficial de cobre com objetivo de melhorar seu contato elétrico. A seleção do arame a ser utilizado em uma dada operação, é feita em termos da composição química do metal de base, do gás de proteção e das propriedades mecânicas desejadas para a soldagem (RAMALHO; GIMENEZ, 2002).

A Tabela 1 relaciona as especificações AWS (*American Welding Society*) de arames para soldagem MIG/MAG.

Tabela 1 - Especificações AWS de materiais de adição para MIG/MAG.

Especificação	Materiais
AWS - A 5.10	Alumínio e suas ligas
AWS - A 5.7	Cobre e suas ligas
AWS - A 5.9	Aço inox e aços com alto Cr
AWS - A 5.14	Níquel e suas ligas
AWS - A 5.16	Titânio e suas ligas
AWS - A 5.18	Aço Carbono e baixa liga
AWS - A 5.19	Magnésio e suas ligas

Fonte: RAMALHO; GIMENEZ, 2002.

2.3 VARIÁVEIS DO PROCESSO E SUAS INFLUÊNCIAS

Conhecer bem as variáveis predominantes do processo, facilita a regulação dos parâmetros de soldagem para resultar uma solda adequada em termos das características finais do cordão de solda, como dimensões, aspecto superficial, penetração, diluição e propriedades mecânicas, com a maior taxa de deposição e maior rendimento possível (PEREIRA, 2016).

O autor também complementa que o domínio dessas variáveis é complexo, porém necessário para o resultado final da solda. Mas, todas as variáveis são interdependentes, logo, não há somente uma única mudança nos parâmetros de soldagem que conduz à um resultado final satisfatório

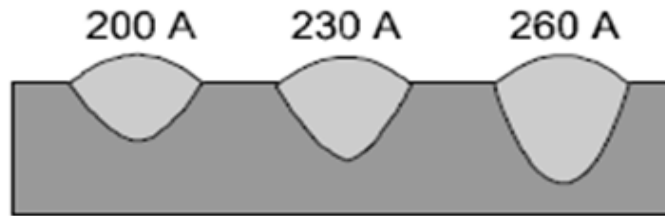
2.3.1 Corrente elétrica (amperagem)

A corrente de soldagem é a amperagem da saída da fonte quando a solda está sendo realizada. No processo MIG/MAG, a corrente de soldagem está diretamente relacionada a alimentação do arame (ESAB, 2004).

Um acréscimo na velocidade de alimentação do arame, com todos os outros parâmetros constantes, requer que mais eletrodo seja fundido na mesma unidade de tempo, para se manter a mesma voltagem e resultante comprimento do arco. Uma maior quantidade de corrente é automaticamente fornecida pela fonte, implicando o aumento da taxa de deposição (kg/h). Mais metal de solda e maior quantidade de calor são aplicados no metal de base por unidade de comprimento de solda, resultando em penetração mais profunda e cordões de solda maiores e vice-versa (ALVEZ, 2009, p. 19).

A Figura 7 mostra o aumento da penetração com o aumento da corrente (amperagem) para um mesmo valor de tensão (voltagem).

Figura 7 - Penetração da solda em relação a amperagem.

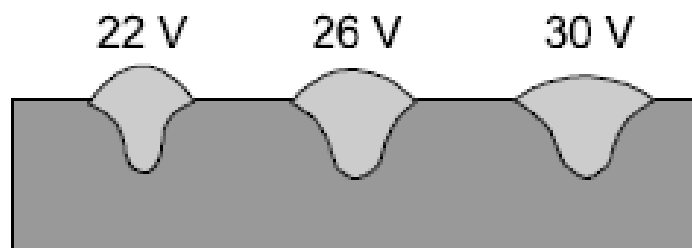


Fonte: Solci, 2016.

2.3.2 Tensão de soldagem

A tensão de soldagem (voltagem) controla o comprimento do arco elétrico. Um acréscimo na voltagem, provoca um aumento na altura e no diâmetro do cone do arco. Desta forma, uma maior área do metal de solda é aquecida resultando num cordão mais largo e mais baixo, como pode ser visto na Figura 8. Uma tensão de soldagem muito alta poderá causar porosidades, respingos e mordeduras. Já uma tensão muito baixa tenderia a estreitar o cordão e aumentar a largura do reforço (RAMALHO; GIMENEZ, 2002).

Figura 8 - A influência da tensão no perfil do cordão de solda.



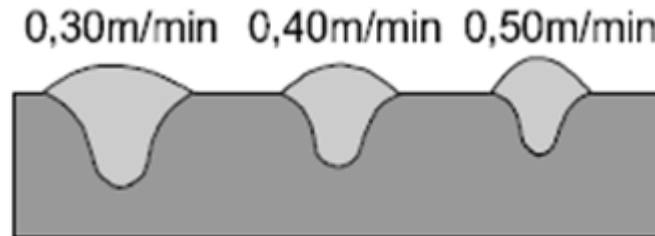
Fonte: Solci, 2016.

2.3.3 Velocidade de soldagem

Esta variável também influencia a penetração de solda. Para uma velocidade muito alta de soldagem, o arco não permanece tempo suficiente na região da solda para proporcionar uma boa fusão e penetração do cordão. Já para uma velocidade baixa, a penetração aumenta mas, para uma velocidade excessivamente baixa, o próprio metal fundido na poça funciona como

isolante térmico para a transferência de calor do arco para o metal base, prejudicando também a penetração de solda. Na Figura 9 podemos observar esta diferença (SOLCI, 2016).

Figura 9 - Influência da velocidade de soldagem em função da penetração de solda.

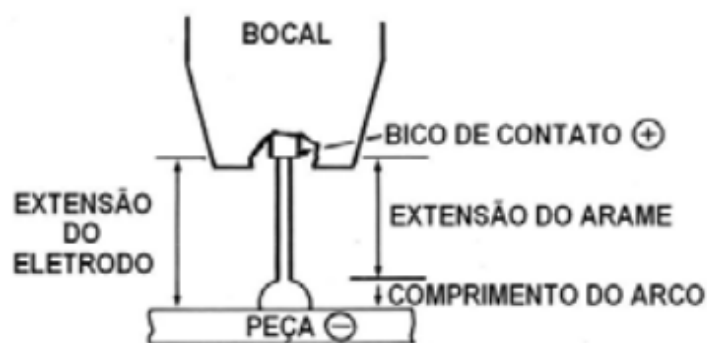


Fonte: Solci, 2016.

2.3.4 Extensão do eletrodo

A extensão do eletrodo (stick-out) é a distância entre o último ponto de contato elétrico que normalmente é a extremidade do bico de contato e a peça de trabalho. A Figura 10 mostra a extensão do eletrodo. Esta distância afeta a corrente de soldagem necessária para fundir o arame a uma dada velocidade de alimentação do arame. Quando esta distância é aumentada, o aquecimento aumenta e a corrente necessária para fundir o arame é diminuída e vice-versa (ESAB, 2004).

Figura 10 - Distância entre o bico de contato e a peça.



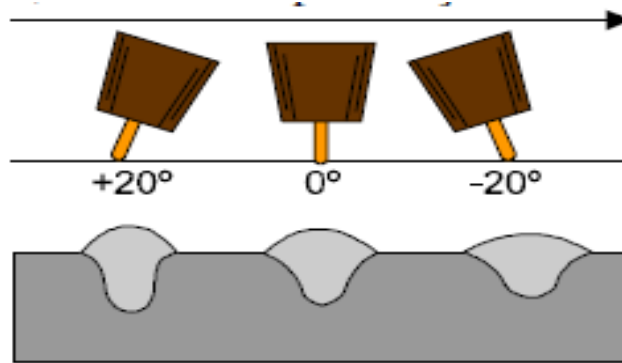
Fonte: Esab, 2004.

2.3.5 Inclinação da tocha

Esta variável também tem influência sobre a penetração de solda. Como pode-se ver visto na Figura 11, soldando-se com inclinação positiva (puxando a solda), o arco elétrico atua diretamente sobre a poça de fusão, aumentando a penetração. Já no sentido negativo,

(empurrando a solda), o arco elétrico permanece sobre o metal base frio, reduzindo a penetração de solda. Como esta variável influencia a corrente elétrica, algumas variações na penetração podem ser observadas.

Figura 11 - Influência da inclinação da tocha na penetração do cordão de solda.



Fonte: Sumig, 2016.

2.4 ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

Quando se usa a terminologia análise de investimentos, pretende-se estudar o comportamento do empreendimento naquilo que é próprio dele, e o que fará mais ou menos atrativos, através das análises de indicadores de qualidade, desta maneira estamos tratando a análise no âmbito econômico (LIMA JUNIOR, 1993).

O autor complementa que os indicadores que refletem a qualidade dos investimentos financeiros relacionados com o retorno, é o que levarão o empreendedor a se orientar sobre investir ou não no empreendimento.

Segundo Heineck, Barros Neto e Abreu (2008), é necessário analisar objetivamente a viabilidade econômica de um empreendimento, empregando as técnicas gerais de engenharia econômica, acrescidas das peculiaridades relativas do mercado.

2.5 MÉTODOS DE ANÁLISE ECONÔMICA PARA INVESTIMENTOS

Schroeder et al. (2005) considera que os métodos do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Período de Payback (PB) são bastante recomendados e são considerados em grande parte da literatura financeira como sendo os mais eficientes na avaliação de projetos de investimentos.

As metodologias mais utilizadas para análise de investimentos são o VPL, a TIR e o Payback (PB) e, além destas, a análise de investimento que pode ser realizada por técnicas

tradicionais como análise de sensibilidade, análise de cenário e ponto de equilíbrio (SANTOS, 2012).

2.5.1 Valor Presente Líquido (VPL)

De acordo com Motta (2009, Apud Bruno e Leandro, 2014, p. 39) o Valor Presente Líquido resulta da diferença entre o valor presente dos benefícios líquidos de caixa, previstos para cada período do horizonte de duração do projeto, e o valor presente do investimento (desembolso de caixa). Basicamente, o VPL consiste no cálculo de quanto os futuros pagamentos somados a um custo inicial (supondo este ser único) estariam valendo atualmente. A expressão de cálculo do VPL comumente utilizada pode ser observada na Figura 12.

Figura 12 - Equação do valor presente líquido

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Fonte: Adaptado de Motta, 2009.

Onde:

FC_t= Fluxo de caixa no período t;

i= taxa de desconto do projeto (taxa mínima de atratividade);

n= número de períodos;

Para Ehrlich (2013), a finalidade do VPL é colapsar todos os valores para um determinado ponto. Quando essa taxa for maior que zero, significa que o investimento está tendo lucro, onde as entradas são maiores que as saídas de caixa.

2.5.2 Taxa Interna De Retorno (TIR)

Segundo Motta (2009), a Taxa Interna de Retorno (TIR) é um índice relativo que mede a rentabilidade do investimento por unidade de tempo (Ex.: 25% a.a.), necessitando, para isso,

que haja receitas envolvidas, assim como investimentos. Matematicamente, é o valor da taxa de desconto que anula o Valor Presente Líquido (VPL).

Santos (2001) conceitua a Taxa Interna de Retorno de um investimento como o percentual de retorno obtido sobre o saldo do capital investido e ainda não recuperado. Matematicamente, a Taxa Interna de Retorno é a taxa de juros que iguala o valor presente das entradas de caixa ao valor presente das saídas de caixa.

Motta e Calôba (2006), definem a TIR como um índice que mede a rentabilidade do investimento por uma unidade de tempo.

A equação é apresentada na Figura 13 a seguir:

Figura 13 - Equação da taxa interna de retorno

$$VP = \text{capital} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

Fonte: Camargo, 2017.

Onde:

VP = valor presente;

Capital = valor do investimento;

N = quantidade de períodos;

F_t = entrada de capital no período t;

i = taxa interna de retorno.

2.5.3 Tempo de recuperação de investimento (*payback*)

Para Macedo (2005), o Período de Recuperação do Investimento (*payback*) definirá o tempo, ou quantidade de períodos necessários para que o investimento inicial seja recuperado. Sabe-se que esse período difere de investidor para investidor, sendo preferível os que possuem menor *payback*.

Segundo Motta e Calôba (2002, pág. 96):

O *payback* é utilizado como referência para julgar a atratividade relativa das opções de investimento. Deve ser interpretado com reservas, apenas como um indicador e não servindo para a seleção entre alternativas de investimento.

Pode ser aplicado de duas formas: *payback* simples e *payback* descontado. Santos (2001, p. 151) diz que “uma alternativa para diminuir a imprecisão do critério do tempo de retorno é considerar os fluxos de caixa pelo seu valor presente”. Esse método é denominado tempo de retorno descontado.

Para Marquezan (2006, p. 5) a equação que calcula o *payback* descontado pode ser observada na Figura 14.

Figura 14 - Equação do *payback* descontado.

$$\textit{Payback} = \text{\$ Retorno por Período} / \text{\$ Investimento}$$

Fonte: Marquezan, 2006.

Quando é usado na tomada de decisões de aceitação ou rejeição de investimentos, os critérios considerados são os seguintes (Gitman, 2004):

- Se o período de *payback* for menor que o período máximo aceitável de recuperação do capital, o investimento será aceito;
- Se o período de *payback* for maior que o período máximo aceitável de recuperação do capital, o investimento será rejeitado.

3 MÉTODO DO TRABALHO

Este capítulo apresenta a descrição objeto de estudo e o procedimento metodológico usado para o desenvolvimento deste trabalho.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

A empresa em estudo é do setor metal mecânico de grande porte, uma fabricante de máquinas e implementos agrícolas que nasceu em 29 de agosto de 1960 no norte do estado do Rio Grande do Sul, com a missão de “ser pioneira em soluções inteligentes para o agronegócio”.

Possui uma ampla linha de maquinários do ramo agrícola, com soluções inovadoras que simplificam o trabalho no campo. A empresa se destaca pela dinâmica no lançamento de seus produtos, mostrando-se sempre a frente para atender as necessidades de seus clientes.

Também investe constantemente, em tecnologias, melhorias do processo de fabricação, qualificação dos produtos, treinamento dos colaboradores, reafirmando cada vez mais o compromisso de oferecer os melhores produtos.

Possui um amplo parque fabril e equipamentos modernos, como máquinas CNC (Comando Numérico Computadorizado), centro de usinagem, máquinas de corte plasma e laser, cabines de pintura, solda robotizada, entre outros. Atualmente atua em todo território nacional, e está presente em 5 continentes, exportando para mais de 35 países.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa científica consiste em um processo metódico de investigação, recorrendo a procedimentos científicos afim de encontrar respostas para um problema. Segundo Ferreira (2004, p. 1549) a pesquisa é caracterizada como “Investigação e estudo, minuciosos e sistemáticos, com objetivo de estabelecer fatos ou princípios relativos a um campo qualquer do conhecimento”.

Para a realização deste estudo foram utilizados alguns procedimentos metodológicos em relação ao objetivo da pesquisa, abordagem do problema e tipologia.

Quanto aos objetivos, caracteriza-se como exploratória, que de acordo com Cervo e Silva (2006) este caráter estabelece critérios, métodos e técnicas para a elaboração de uma pesquisa e visa oferecer informações sobre o objeto desta e orientar a formulação de hipóteses.

Em relação a abordagem, a pesquisa é quali-quantitativa, pois aborda os dois tipos de dados. Gil (2017) afirma que se trata de um método misto, que combina a abordagem

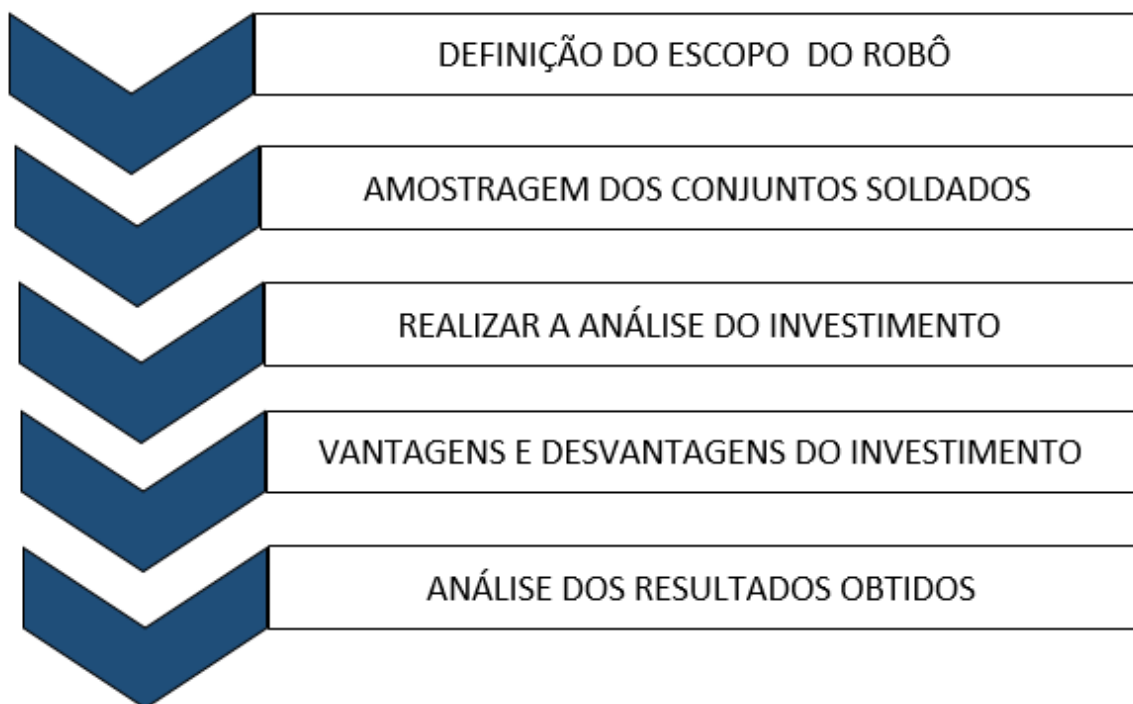
quantitativa, com seus resultados mensurados em números, juntamente com a qualitativa, onde os resultados são expressados por meio verbal.

No que se refere a tipologia de pesquisa, o trabalho é um estudo de caso, pois tem como objetivo analisar a viabilidade econômica de um investimento. Jung (2004, p. 158) menciona que “estudo de caso é um procedimento de pesquisa que investiga um fenômeno dentro do contexto local, real e especialmente quando os limites entre fenômeno e contexto não estão claramente definidos”.

Este trabalho propõe o uso dos métodos citados anteriormente, bem como, de elementos de custos e engenharia econômica para o desenvolvimento de uma análise de viabilidade da aquisição de uma nova célula de soldagem robotizada. Contudo, devido a valores e custos serem considerados estratégicos e sigilosos, foi realizada uma ponderação no uso desses valores, o que não altera o resultado final do trabalho.

O procedimento adotado e a aplicação dos conceitos seguiram os passos apresentados na Figura 15.

Figura 15 - Esquema da metodologia de trabalho



Fonte: Autor, 2020.

A análise desenvolvida no estudo consiste em cinco fases sendo elas:

1) Definição do escopo do robô: neste primeiro passo foram definidos os recursos de processos necessários para que o equipamento atinja as expectativas da empresa em relação as automações, desempenho e produtividade. Após, foram contatados os fornecedores para realizar as cotações e foi analisado qual escopo de fornecimento vem de encontro as expectativas da empresa;

2) Amostragem dos conjuntos soldados: Neste passo, foram selecionados os conjuntos soldados que serão manufaturados no equipamento em questão, levantado em consideração o custo de cada peça, o tempo de fabricação, bem como a demanda futura de 2021. Também se faz necessário a relação de dispositivos de soldagem para adaptar as peças na mesa da célula de soldagem, tal como seus custos de aquisição ou fabricação que estão relacionadas no valor final do investimento;

3) Realizar a análise do investimento: Para a análise foram efetuados os cálculos dos métodos de TIR, VPL e PAYBACK, abordados abaixo:

- TIR (Taxa interna de retorno): Esta ferramenta mede a rentabilidade do investimento, é através dela que foi possível ter em números o percentual de retorno do projeto para a empresa, a empresa em estudo considera que esta taxa seja superior a 15%, do contrário, é considerado como baixa atratividade;
- VPL (Valor presente líquido): é uma métrica que tem como objetivo calcular o valor presente líquido de uma sucessão de pagamentos futuros, deduzindo uma taxa de custo de capital. Este cálculo é de extrema necessidade pois o dinheiro recebido no futuro não se equivale ao recebido hoje. Na empresa em questão foi levado em consideração os próximos 10 anos da operação do equipamento;
- PAYBACK (Tempo de recuperação do investimento): é caracterizado pelo prazo necessário para recuperar o capital investido;

4) Análise dos resultados: neste passo foram avaliados os resultados obtidos nos cálculos de TIR, VPL e PAYBACK, para após concluir se este investimento é viável ou não para a empresa em estudo;

5) Vantagens e desvantagens do investimento: nesta etapa foram avaliadas as vantagens e desvantagens do investimento em uma nova célula de soldagem robotizada para auxiliar na tomada de decisão;

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para dar início as análises, primeiramente é avaliado o cenário atual, buscando compreender a real necessidade da aquisição de uma nova célula de soldagem robotizada.

A empresa em estudo iniciou suas projeções para o ano de 2021 e constatou que a demanda está acima das expectativas previamente esperadas, o que de fato é muito bom, mas também preocupante, visto que, no segundo semestre de 2020, a empresa já vinha apresentando problemas quanto a sua capacidade produtiva. Neste ano, o setor de soldagem que é o enfoque deste estudo, vem sofrendo com a falta de mão de obra qualificada e o crescente número de retrabalhos.

Outro ponto a ser analisado é quanto a visão da empresa para estar cada vez mais adentrando o mercado da indústria 4.0, buscando automatizar os seus processos, podendo assim evitar falhas humanas, retrabalhos, além de ser mais produtivo.

As automações existentes no setor de soldagem são sete células robotizadas das quais já possuem uma tecnologia defasada, tendo em vista que foram adquiridas a oito anos atrás e com o grande avanço tecnológico dos últimos anos, os recursos necessários pela empresa, não estão mais sendo atendidos pelas células existentes.

Dentre vários exemplos os principais são em relação ao leitor de junta, onde neste recurso, o robô ajusta o posicionamento das peças em x, y e z, diminuindo assim os *gap's* (Falha, espaço) de solda. Essas variações ocorrem, pois, os processos de conformação das peças são realizados internamente e muitas delas passam por corte plasma, no qual, possui bastante variações nas tolerâncias, o mesmo pode ser observado em relação as peças dobradas que também possuem variações significativas. Nesses casos, na hora de montar o conjunto e preparar para a soldagem acaba ocasionando grandes *gap's*, e muitas vezes o leitor de junta não consegue fazer a sua função adequadamente, resultado em baixa qualidade de solda e retrabalhos de arremates dos cordões.

Outro exemplo é quanto a falta de memória de ambos os robôs, este problema foi observado quando a empresa sentiu a necessidade de fabricar dispositivos automatizados para facilitar a montagem e também poder soldar peças mais complexas. Esses dispositivos são basicamente compostos por cilindros e sensores de presença com acionamentos automáticos que são necessários para garantir a qualidade e a produtividade nestes casos. Sendo assim, para poder automatizar os dispositivos e fazê-los integrar com os comandos do robô é necessário um grande espaço de memória, o que hoje é uma limitação.

Pelos motivos citados acima, este estudo tem o intuito de trazer como solução a automatização do processo por meio de uma célula de soldagem robotizada com alta tecnologia

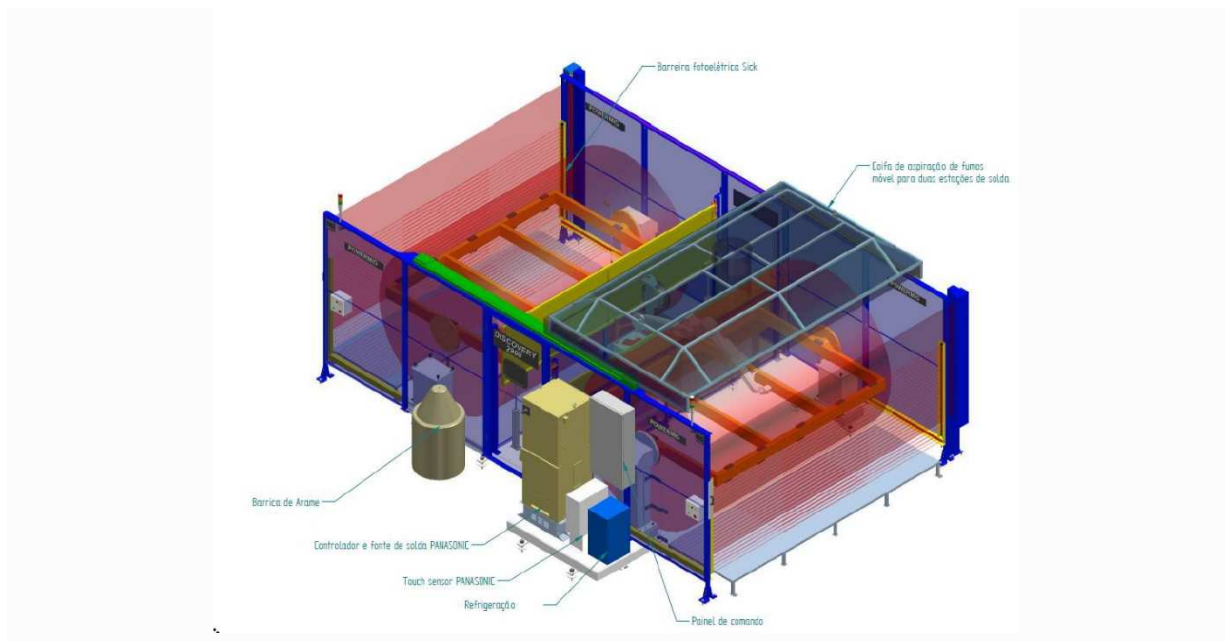
embarcada, que venha a atender as expectativas da empresa em relação a disponibilidade da capacidade produtiva, contendo recursos de precisão para absorver a variação das peças, extensa capacidade de memória e que também conecte os dados da célula com os sistemas de gerenciamento de produção.

4.1 DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO ROBÔ

Primeiramente foram realizadas reuniões com as áreas envolvidas no projeto, sendo eles, manutenção, automação, manufatura e engenharia de manufatura, afim de definir os requisitos de cada processo e redigir um caderno de encargos para contatar os fornecedores. Visto isso, foram contatadas duas empresas, que podem ser denominadas como A e B, das quais foram recebidas propostas técnicas e comerciais e após algumas reuniões de alinhamento comerciais optou-se pela proposta da empresa B. Salientando que ambas as empresas atendiam ao escopo técnico e a escolha foi exclusivamente por tratativas comerciais. Outra consideração relevante é que o fornecedor contemplado possui um prazo de entrega de vinte e quatro semanas a partir do recebimento da ordem de compra.

Na Figura 16 pode ser observada uma imagem da célula e em sequência a descrição de seus principais componentes e recursos.

Figura 16 - Imagem em 3D da célula contemplada.



Fonte: Fornecedor B, 2020.

4.1.1 Braço robótico de solda

Robô de solda da marca Panasonic com sensor de colisão independente, ou seja, em cada eixo do robô. Raio de alcance de 2.011mm, acuracidade de aproximadamente 0,08mm e capacidade de 06kg.

Figura 17 - Braço robótico de solda.



Fonte: Fornecedor B, 2020.

4.1.2 Controlador e fonte Tawers

O controlador possui interface I/O com possibilidade de expansão para 2.048 e a entrada da memória com 800.000 linhas. Velocidade em automático de 180m/min e alimentação elétrica de 220VCA + T (segurança). A fonte integrada ao controlador tem disponíveis os processos de SP-MAG II, Low Pulse, Normal Pulse e HD PULSE com uma corrente de soldagem de 30 – 450A 100% e a alimentação do arame via servo motor. Na Figura a seguir, podemos visualizar a caixa de comandando do controlador e fonte.

Figura 18 - Caixa de comando controlador e fonte.



Fonte: Autor, 2020.

4.1.3 Kit tocha de soldagem

A tocha é longa, e dispõe um sistema de refrigeração com água gelada deionizada, que permite a refrigeração eficiente da tocha e seus consumíveis, aumentando a vida útil. Além do mais, esse sistema tem capacidade de 5 litros e trabalha com uma variação de temperatura de 5°C à 40°C. Também, porta um sistema de Limpeza tipo fresa mecânica que permite a limpeza eficiente dos respingos que aderem ao bocal, com sistema de injetor de antirrespingo e cortador de arame da tocha. Na Figura 19, podemos observar o kit para a funcionabilidade da tocha de soldagem.

Figura 19 - Tocha, unidade de limpeza e unidade de refrigeração.



Fonte: Autor, 2020.

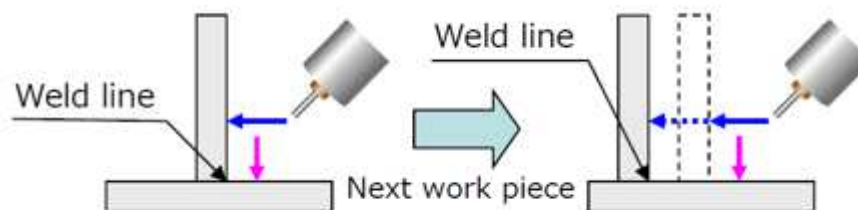
4.1.4 *Touch Sensor e wire clamp*

O *Touch Sensor* (sensor de toque) é totalmente integrado com o robô, de 140 volts, tornando o processo de soldagem mais ágil e preciso. Esta ferramenta realiza uma procura nas juntas a serem soldadas e modifica a sua trajetória de acordo com a variação encontrada na peça.

Este recurso é indicado quando não é possível manter a repetibilidade do processo de dobra, corte e montagem das peças que tenham um mínimo de 3mm para área para toque. No qual, vem de encontro com as expectativas da empresa em estudo, visto que, possui variações de processo recorrentes.

E, para ampliar a eficiência, junto ao recurso está aplicado o *Wire clamp* (freio do arame) que nada mais é do que um sistema que faz o travamento do arame no momento do *Touch sensor*, permitindo que não haja deslocamento do fio através do movimento da tocha ou contato com materiais, sempre mantendo o mesmo *Stickout* - termo técnico usado para o comprimento livre do eletrodo, ou seja, o comprimento do arame compreendido entre o bico de contato da tocha de soldagem e a ponta do eletrodo ainda não fundido. Na Figura 20 podemos observar a ilustração.

Figura 20 - Ilustração do touch sensor.



Fonte: Fornecedor B, 2020.

4.1.5 Posicionadores de giro horizontais

Os posicionadores de giro horizontais, são comandados eletricamente e harmonizado pelo robô, permitindo a soldagem em posições pré-determinadas, com troca de estação com as seguintes características:

- a) Capacidade de carga de cada estação: 1000kg;
- b) Distância entre placas: 2500mm;

- c) Diâmetro de ação de soldagem: 120mm;
- d) Altura aproximada de soldagem em relação ao solo: 850mm;

Na Figura 21, podemos visualizar o modelo de posicionadores.

Figura 21 - Imagem dos posicionadores.



Fonte: Fornecedor B, 2020.

4.1.6 Berços para posicionamento de dispositivos de soldagem

Os berços também podem ser chamados de mesas e tem a função de adaptar qualquer dispositivo de soldagem dentro das suas respectivas medidas. Neste projeto foram contemplados dois berços customizados conforme o padrão da empresa. Visto que, seus dispositivos possuem medidas padrões e também posicionamentos fixos. Na Figura 22, podemos observar o modelo.

Figura 22 - Imagem da mesa.



Fonte: Autor, 2020.

4.1.7 Sistema de gerenciamento de célula

O sistema de monitoramento da célula é onde será monitorado, registrado e gerado os relatórios com os parâmetros de processo. Permite também realizar a rastreabilidade dos cordões de solda por peça produzida através de relatório *excel* com as opções de salvar os dados no equipamento ou diretamente no servidor. O mesmo deverá permitir acesso remoto, de modo que a manutenção possa monitorar e evidenciar os erros/problemas que acontecerem remotamente.

Este sistema será composto por uma tela *touch screen* (tela sensível ao toque) industrial e *software* de programação *off-line* que traduz as linguagens de programação, realização de *backups* automáticos e comunicação com o banco de dados da empresa. Nesta tela IHM (interação homem máquina) o operador poderá visualizar a situação do tempo de ciclo, bem como eventuais avisos, manuais e gráficos de performance. Na Figura 23 podemos observar a tela inicial.

Figura 23 - Tela inicial de comunicação.



Fonte: Fornecedor B, 2020.

4.1.8 Exaustão de fumos

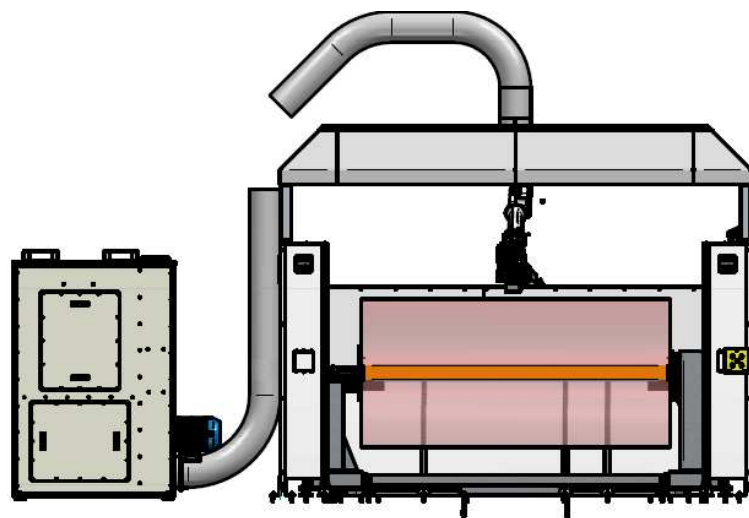
A geração de fumos metálicos durante o processo de soldagem que gera riscos à saúde e integridade física dos trabalhadores é classificado como risco adicional na NR-12, em seu item 12.106a. Como medida de controle dos fumos metálicos gerados durante o processo de

soldagem os dispositivos utilizados para exaustão dos fumos em células robotizadas são chamados de coifas de exaustão.

O equipamento contemplado no escopo é um exaustor de fumos composto por quatro partes principais: o captor, o sistema de dutos, o ventilador e o sistema filtrante de controle de poluição de ar. Cada parte é fundamental para a execução perfeita do sistema e deve ser verificada sempre que possível.

O sistema de exaustão com a utilização de coifa sobre o processo de soldagem é imprescindível e abrange todo o local de solda, captando os gases tóxicos direto na fonte. Depois do ar poluído ser coletado, ele é transportado para o filtro. Nesse local, ele passa por um equipamento que permite a devolução daquele ar ao meio ambiente sem prejudicar os recursos naturais. Na Figura 24 podemos verificar a exaustão de fumos do projeto.

Figura 24 - Exaustor de fumos.



Fonte: Fornecedor B, 2020.

4.2 AMOSTRAGEM DOS CONJUNTOS SOLDADOS

Nesta etapa foram elencadas as peças a serem soldadas na célula, estabelecidos os critérios de avaliação e seus respectivos dispositivos de soldagem.

4.2.1 Avaliação das peças

A equipe estudou uma série de possíveis conjuntos para serem soldados no equipamento. Os critérios utilizados foram a alta demanda de produção, geometrias de média

complexidade que não foram possíveis homologar nos outros equipamentos de soldagem robotizada e também com considerável carga de solda por ciclo.

Em paralelo, foi realizado uma planilha para relacionar os conjuntos soldados, com suas respectivas demandas e tempos de processo afim de verificar se seria viável ou não a aplicação na soldagem robotizada. Esta avaliação está baseada em uma carga de dois turnos de trabalho.

Na Figura 25, podemos visualizar a planilha com todas as informações pertinentes a avaliação do processo.

Figura 25 – Planilha de análise de conjuntos para soldagem robotizada.

CONJUNTO (a)	DISPOSITIVO (b)	PEÇAS/ CICLOS (c)	TEMPO SOLDA (d)	CONSUMO ANUAL (e)	PERCENTUAL DE REDUÇÃO (f)	TEMPO ROBÔ ESTIMADO (g)	TEMPO DE CICLO (h)
A	DSO 01	1	0,39	417	30%	0,330	0:19:48
B		1	0,53	417	30%	0,371	0:22:16
C	DSO 02	1	0,65	413	30%	0,523	0:31:23
D	DSO 03	1	0,28	615	30%	0,193	0:11:35
E	DSO 04	1	0,58	488	30%	0,408	0:24:29
F	DSO 05	1	0,56	1092	30%	0,4	0:24:00
G	DSO 06	1	0,52	38	30%	0,461	0:27:40
H		1	0,50	549	30%	0,444	0:26:38
I	DSO 07	1	0,52	1086	30%	0,431	0:25:52
J	DSO 08	1	0,29	305	30%	0,217	0:13:01
K		1	0,28	482	30%	0,239	0:14:20
L		1	0,28	482	30%	0,239	0:14:20
M		1	0,25	305	30%	0,217	0:13:01
N		1	0,55	620	30%	0,357	0:26:38
O	DSO 09	1	0,31	68	30%	0,312	0:18:43
P		1	0,48	80	30%	0,312	0:18:43
Q		1	0,48	80	30%	0,312	0:18:43
R		1	0,48	1112	30%	0,312	0:18:43
S		1	0,70	558	30%	0,455	0:27:18
T	DSO 10	1	0,54	305	30%	0,244	0:14:38
U		1	0,48	107	30%	0,244	0:14:38
V		1	0,35	504	30%	0,244	0:14:38

Fonte: Autor, 2021.

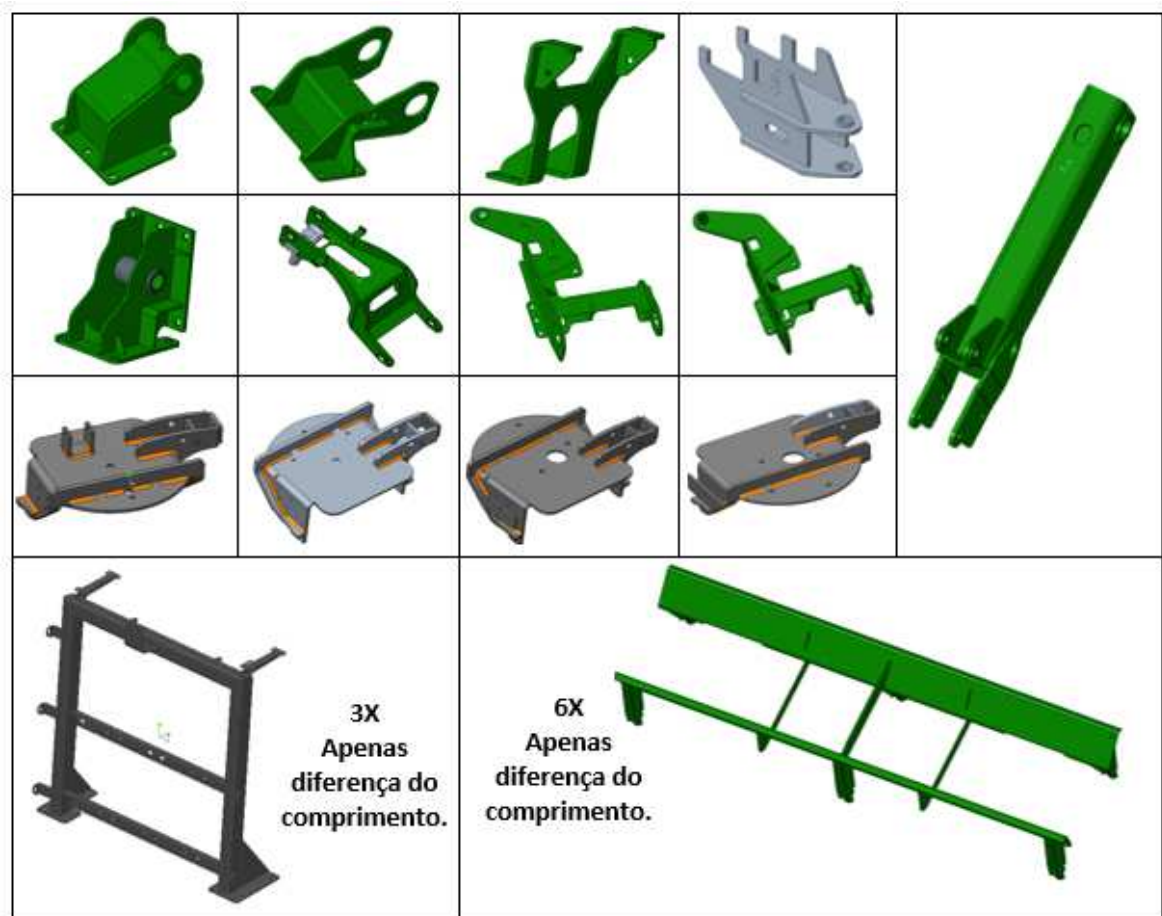
Na sequência está a explicação de cada coluna da planilha, bem como das fórmulas utilizadas para chegar aos valores finais.

- a) Conjunto: Número do código soldado;
- b) Dispositivo: Relação da necessidade de dispositivo;
- c) Peças ciclo: Quantas peças podem ser soldadas no mesmo dispositivo ao mesmo tempo;
- d) Tempo de solda: Tempo de soldagem manual do conjunto cadastrado no sistema;
- e) Consumo anual: Demanda estimada para o ano de 2021;

- f) Percentual de redução: Utilizamos um coeficiente de 30% de redução do tempo cadastrado para a soldagem manual;
- g) Tempo robô estimado: = Tempo de solda * -30%, resultado no tempo de operação estimado da peça no robô;
- h) Tempo de ciclo: = Tempo robô * Peças ciclo;

Na figura 26 podemos observar a geometria das peças selecionadas.

Figura 26 - Amostragem dos conjuntos soldados.



Fonte: Autor, 2021.

4.2.2 Avaliação dos dispositivos de soldagem

Após a escolha e validação dos conjuntos, o próximo passo foi avaliar os dispositivos de soldagem. Foi visto que alguns dos conjuntos já tinham dispositivo de solda robô, mas não haviam sido aprovados nas células existentes, devido a defasagem das mesmas. Outros, a parte mecânica estava pronta, mas faltava automação, no qual não foram finalizadas pois faltava memória nos robôs para comporta-los.

Dada a coleta das informações, foram determinadas as demandas de cada dispositivo para entender as pendências e poder programa-las de acordo com a data previamente estimada para a chegada da célula de soldagem. O custo inserido para finalizar os dispositivos pendentes está no valor final do investimento.

4.2.3 Avaliação dos ganhos

No que tange a ganhos quantificáveis com o projeto, destacamos três frentes, sendo elas: Produtividade, que tem relação com a redução do tempo de processo dos conjuntos, liberação de horas-homem e agilidade no processo devido a informações em tempo real, onde está atrelada as tecnologias de indústria 4.0.

No quesito de produtividade, o custo hora de uma célula de soldagem, muitas vezes é maior que o custo hora de soldagem manual. Porém, a produtividade e padronização do equipamento que o tornam viável. A célula, em média é de 30% a 40% mais rápida que a operação manual, além do mais, não é contabilizado custo de hora-homem, pois enquanto o operador está fazendo o setup em um dos lados da célula, o robô está trabalhando no outro lado.

A liberação de horas-homem, está atrelada a disponibilidade de mão de obra que é dada para a soldagem manual, fazendo com que a empresa realoque as pessoas e não seja necessário realizar mais contratações, para este caso serão liberadas três pessoas todo o mês.

Outro ganho está relacionado ao desenvolvimento do sistema de informação, pois a o mesmo permite desenvolver a integração com o robô de solda de forma automatizada, coletando sinais e dados, que são utilizados para cálculos de indicadores como OEE (eficiência global de equipamentos) com registros de ciclos e paradas. Atualmente, este processo é feito de maneira manual, onde o operador a cada ciclo, precisa apontar as ordens de produção, para gerar os indicadores. Além do mais, através do IHM, o operador irá compreender como está o andamento do ciclo, dados de consumo, performance e informações de operação de forma intuitiva e a prova de erros, facilitando a compreensão dos colaboradores, bem como a rápida adaptação de novos operadores.

Visto isso, relacionamos os custos com base nas informações da Figura 24 apresentada anteriormente e obtivemos um resultado expressivamente satisfatório que pode ser observado na Tabela 02. Levando em consideração que o método utilizado para chegar ao resultado, bem como os dados reais, não podem ser divulgados, pois não há permissão da empresa. Desta forma, considerou-se uma ponderação no resultado que não altera nos ganhos do projeto.

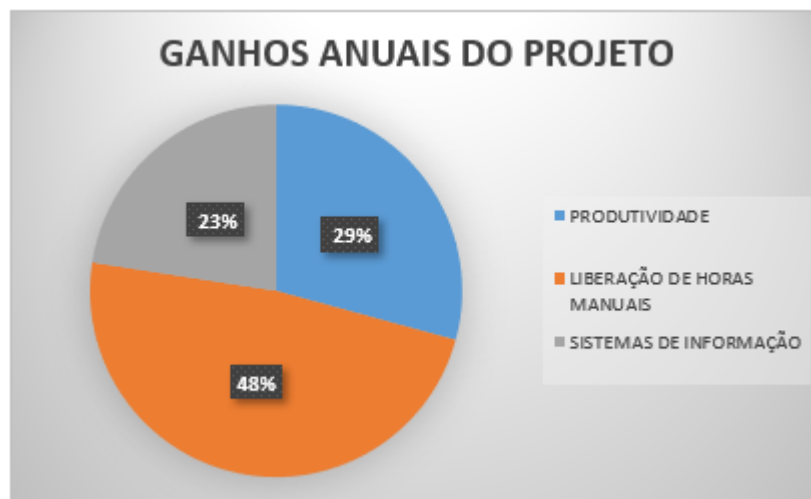
Tabela 02 – Análise de ganhos.

PRODUTIVIDADE	LIBERAÇÃO DE HORAS MANUAIS	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
R\$ 138.719,39	R\$ 228.538,18	R\$ 106.989,19

Fonte: Autor, 2021.

Como pode ser observado na Tabela 02 e também na representação gráfica da Figura 27, o maior ganho do projeto está ligado a liberação de horas manuais. Isso se deve ao alto custo da empresa em manter os salários e encargos fiscais dos soldadores, pois trata-se de uma mão-de-obra especializada que está cada vez mais escassa no mercado.

Figura 27 – Representação gráfica de ganhos anuais.



Fonte: Autor, 2021.

4.3 ANÁLISE DO INVESTIMENTO

Nesta etapa, após o levantamento de todas as informações necessárias foram relacionados os dados para a realização dos cálculos da análise de viabilidade econômico-financeira do investimento.

Primeiramente foi elencado o valor do custo do investimento, os ganhos mencionados anteriormente, a taxa de TMA de 15% que representa a remuneração mínima que a empresa pretende ganhar, além do prazo de 10 anos para o fluxo de caixa. Essa relação podemos verificar na Tabela 03.

Tabela 03 – Relação de dados do investimento.

Investimento	R\$	988.408,00
Tempo de retorno		10 anos
TMA		15%
Ganhos anuais	R\$	474.246,76

Fonte: Autor, 2021.

Para dar início aos cálculos, foi estabelecido o fluxo de caixa dentro do período estimado como pode ser visto na Tabela 04.

Tabela 04 – Fluxo de caixa.

Ano	Fluxo de Caixa	
0	R\$	988.408,00
1	R\$	474.246,76
2	R\$	474.246,76
3	R\$	474.246,76
4	R\$	474.246,76
5	R\$	474.246,76
6	R\$	474.246,76
7	R\$	474.246,76
8	R\$	474.246,76
9	R\$	474.246,76
10	R\$	474.246,76

Fonte: Autor, 2021.

Após a relação do fluxo de caixa, foi possível calcular o Valor Presente Líquido para o período estimado, representado na Tabela 05.

Tabela 05 – Valor Presente Líquido.

Ano	Valor Presente (VP)
0	-R\$ 988.408,00
1	R\$ 412.388,49
2	R\$ 358.598,68
3	R\$ 311.824,94
4	R\$ 271.152,12
5	R\$ 235.784,46
6	R\$ 205.029,96
7	R\$ 178.286,92
8	R\$ 155.032,11
9	R\$ 134.810,53
10	R\$ 117.226,55

Fonte: Autor, 2021.

Por fim, foi realizado o cálculo do Valor Presente Acumulado até o final do período, representado na Tabela 06.

Tabela 06 – Valor Presente Acumulado.

Valor Presente Acumulado
-R\$ 988.408,00
-R\$ 576.019,51
-R\$ 217.420,83
R\$ 94.404,11
R\$ 365.556,24
R\$ 601.340,69
R\$ 806.370,66
R\$ 984.657,58
R\$ 1.139.689,69
R\$ 1.274.500,21
R\$ 1.391.726,76

Fonte: Autor, 2021.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nos cálculos apresentados na análise de viabilidade foi possível efetuar os métodos de VPL, TIR, *Payback* Simples e *Payback* por meio da ferramenta *Excel*. Na Tabela 07 pode ser observado o resultado final dos cálculos.

Tabela 07 – VPL, TIR, *Payback* simples e descontado.

Método	Resultado
VPL	R\$ 1.391.726,76
TIR	46,96%
<i>Payback</i> simples	2,08 anos
<i>Payback</i> descontado	2,70 anos

Fonte: Autor, 2021.

Com base nos dados apresentados, foi verificado que o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) retornou um valor positivo igual a R\$ 1.391.726,76, isto significa que o valor do fluxo de caixa líquido ao final de 10 anos, atualizado a valor presente, representa este montante. Para o investidor é um projeto altamente lucrativo, uma vez que o retorno ultrapassa um milhão de reais.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) resultou em 46,96%, portanto o projeto é rentável em relação a TMA de 15% a.a. Isso significa que o projeto apresenta uma remuneração sobre o capital investido de mais de 46% ao ano.

Quanto ao prazo de retorno ou *Payback*, no método simplificado totalizou 2,08 anos. Já no método descontado que leva em consideração a depreciação da moeda, apontou como 2,70 anos.

4.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO INVESTIMENTO

4.5.1 Vantagens de uma célula de soldagem

Dada a premissa do estudo em analisar a viabilidade econômica da aquisição de uma nova célula de soldagem robotizada, podemos concluir com base nos dados tratados simultaneamente que o investimento se mostra viável dentro das condições apresentadas.

Além de ser viável economicamente, podemos citar vários benefícios que muitas vezes não é possível quantificar, como por exemplo a segurança que é de suma importância no contexto geral. A soldagem manual requer tempo, habilidade e concentração. Sendo considerado um processo bastante perigoso, uma vez que, os raios de solda, fumaça, faíscas e calor o tornam um trabalho perigoso e complexo.

Com a solda robotizada, é possível proteger os trabalhadores e reduzir consideravelmente custos com seguros e acidentes, pois fornecem um ambiente de trabalho ainda mais seguro, reduzindo a pulverização excessiva e o contato direto com o robô e a peça.

Outra consideração é a qualidade do processo, visto que até os soldadores mais qualificados podem cometer erros, com o processo automatizado os robôs executarem de maneira excelente os processos de solda que exigem muitas ações repetidas, todos os seus cordões de solda, não importa a quantidade de peças ou o grau de precisão, serão muito semelhantes.

Diferente dos soldadores humanos, os robôs não precisam descansar e podem manter o ritmo de trabalho, tanto em velocidade quanto em qualidade, por longos períodos. Já o corpo humano tem limites e eles precisam serem respeitados. O que não quer dizer que as máquinas também não precisem de cuidado e manutenção.

O investimento pode ser alto em um curto prazo, mas quando pensamos na rotatividade de funcionários ao correr dos anos e a necessidade de encontrar mão de obra qualificada toda

vez que isso acontece, a soldagem robotizada pode fazer bem para as empresas que pretendem trabalhar com planejamentos de longo prazo.

Por fim, podemos destacar a padronização, com o processo automatizado tudo é regulado, incluindo energia e fios, pois os processos utilizam a economia de energia executando de forma consistente e a precisão faz com que os sistemas robóticos desperdicem menos material.

4.5.2 Desvantagens de uma célula de soldagem

Como desvantagem do projeto, podemos destacar o preço elevado do equipamento, pois é bastante caro investir na automatização de soldagem. O investimento passa à casa dos milhões de reais. Além do mais, é necessário ter profissionais treinados para manusear o equipamento como programadores e operadores. Pois como é o caso deste projeto, onde a operação é semiautomática, a máquina precisa de um operador para abastecer as peças na mesa do robô, bem como, fazer o setup dos dispositivos.

Portanto, será necessário investir tempo e dinheiro na capacitação técnica dos soldadores, além de capacitar técnicos de manutenção para a realização de preventivas e eventuais problemas.

O tamanho do berço de soldagem e o acesso do braço robótico são limitados, fazendo com que também sejam limitados os modelos de peças que ele pode soldar. Em muitos casos o robô não fará 100% da soldagem necessária devido as limitações citadas posteriormente, tendo que haver um processo de arremate após a finalização da soldagem.

Outra característica é que o equipamento irá efetuar o processo conforme a leitura do programa de soldagem, caso a peça não esteja de acordo, ele vai soldar fora da junta, podendo também haver problemas de colisão da tocha na peça. Em resumo, para ter sucesso o processo se limita a decorrer 100% conforme o programado.

A baixa flexibilidade, é uma grande característica dos robôs de soldagem, e para ser viável a aquisição, os componentes fabricados precisam ser produzidos em grandes lotes, para evitar ao máximo, perda de tempo com setups de dispositivos.

5 CONCLUSÃO

O investimento em tecnologias e processos automatizados tem sido imprescindível nas empresas de máquinas e implementos agrícolas, levando em consideração os principais objetivos como a redução de custos, otimização de processos e geração de lucro. O ramo agrícola está em constante evolução e as empresas precisam pensar em inovações para se destacar e manter-se competitivas frente ao amplo mercado.

Com isso, a empresa em questão realizou um estudo para viabilizar a implementação de uma célula de soldagem robotizada com alta tecnologia embarcada para suprir o crescimento da empresa, bem como ampliar seu potencial de automação.

Primeiramente foi avaliado o cenário atual, buscando compreender a real necessidade da aquisição de uma nova célula de soldagem robotizada. Com isso foi observado que as principais justificativas para tal investimento eram as altas projeções de vendas sinalizadas para os próximos anos, tendo em vista que o setor de soldagem vem sofrendo com a falta de mão de obra qualificada e o crescente número de retrabalhos. Além do mais, a empresa visa estar cada vez mais adentrando o mercado da indústria 4.0, buscando automatizar os seus processos, podendo assim evitar falhas humanas, retrabalhos, além de ser mais produtivo.

Para realizar a análise da viabilidade econômico-financeira projetam-se alguns resultados, os quais são determinantes para a realização do investimento. Com elas, consegue-se saber as projeções de lucro, viabilidade operacional, remuneração de capital e tempo de retorno, além do mais foi necessário pesquisar sobre a situação do mercado nesse setor, bem como realizar a revisão bibliográfica do tema proposto, levantando os métodos mais eficazes para análises de investimentos, aplicando-os e observando os resultados obtidos que foram satisfatórios.

Tais resultados apontam que o projeto de investimento é viável e atinge a expectativa da empresa. As técnicas de análise da viabilidade mostram que o projeto apresenta um valor presente líquido de R\$ 1.391.726,76, taxa interna de retorno de 46,96% e *payback* simples de 2,08 anos.

Conclui-se que por meio da análise de viabilidade econômica fica mais seguro realizar um investimento planejando. Pois, quando gestor decide investir sem que haja um estudo prévio, não terá noção se o investimento tem viabilidade aceitável sem prejudicar a estabilidade da organização.

Sugere-se como próximo estudo a elaboração de cenários futuros, para entender quantas células robotizadas serão necessárias ser implementadas dentro dos próximos dez anos para que se possa atingir as projeções comerciais estimadas, tendo em vista a escassez cada

vez mais evidente da mão de obra. Sendo assim, poderá seguir um projeto estruturado e implementar de acordo com a necessidade de cada ano.

REFERÊNCIAS

ABREU, Carlos Alexandre Camargo de; NETO, José de Paula Barros. HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann Heineck. **Avaliação Econômica de Empreendimentos Imobiliários Residenciais: Uma Análise Comparativa**. XXVIII encontro de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 2008

ALVES, V. J. **Desenvolvimento de envelopes operacionais para processo MIG/MAG Robotizado com diferentes gases de proteção**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica / Minas, Metalúrgica e Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

CAMARGO, R. F. **Veja como o Valor Presente Líquido (VPL) ajuda na análise de viabilidade de um investimento**.

CARRY, Hiward (1995). **Arc Welding Automation 1**. Ed. New York: Marcel Dekker, Inc. 527p.

CERVO, A.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6ª ed. São Paulo: Pearson, 2006.

CNA BRASIL. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/noticias/exportacoes-brasileiras-do-agro-se-mantem-estaveis-no-1-trimestre>. Acessado em 21/10/2020.

EHRlich, Pierre Jacques; MORAES, Edmilson Alves. **Engenharia Econômica: Avaliação e Seleção de Projetos de Investimento**. 6. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2013.

ENGEPLUS. Disponível em: <http://www.engeplus.com.br/noticia/geral/2020/setores-apontam-carencia-de-profissionais-qualificados>. Acessado em 20/10/2020.

ESAB. **Soldagem MIG/MAG**. Material de apoio. São Paulo: ESAB Soldagem e Corte, 2004.
AWS. Structural welding code-steel ANSI /AWS D1.1., 2010

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário Aurélio**. 1 ed. Curitiba: Positivo, 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GITMAN, Lawrence. **Princípios de Administração Financeira**. 10ª edição. São Paulo: Editora Pearson Education, 2004.

GRIST, F. J. **Power sources for welding**. ASM Handbook, vol. 06, p. 92-102, 1993.

JUNG, Carlos Fernando. **Metodologia para pesquisa e desenvolvimento**: aplicada novas tecnologias, produtos e processos. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2004.

LINCOLN J. F. **MIG/MAG Welding Guide**, Cleveland, OH., US, p. 11-13, 1998.

LIMA JUNIOR, João da Rocha. **Decidir sobre Investimentos no Setor da Construção Civil**. 1998, 74 p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1998.

MACEDO, M. A. S. **Seleção de Projetos de Investimento**: uma proposta de modelagem apoiada em programação multi-objetivo. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE FINANÇAS, 5, 2005, São Paulo. Anais do V EBFIN. São Paulo: SBFIN, 2005.

MARQUEZAN, Luiz Henrique Figueira. **Análise de Investimentos**. In: Revista Eletrônica de Contabilidade. V. III, n.1, jan-jun/2006. Santa Maria, RS: Curso de Ciências Contábeis – UFSM, p.1-15.

MERRIFIELD, T. **Guidelines for Implementing Robotic Arc Welding**. Welding Journal, 84, nº4, p. 34-37, Apr, 2005.

MODENESI, P. J., **Apostila Introdução à Física do Arco Elétrico a sua Aplicação na Soldagem dos Metais**, UFMG, 2004.

MORAES, Cícero Couto; CASTRUCCI, Plínio de Ladro. **Engenharia de automação industrial**. 2007. 2ª Edição.

MOTTA et al. (2009): Motta, Regis Da Rocha, et al. **Engenharia econômica e finanças**. Elsevier Brasil, 2009.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de Investimentos**: tomada de decisão em investimentos industriais. São Paulo: Atlas, 2006.

PEREIRA, Josemairon Prado. **Soldagem MAG com braço robótico de aços ASTM A36 e CSN**. Civil em perfil estrutural dobrado a frio, São Paulo: Repositório Unesp, 2016.

PEREZ, F. R. C. **A Influência da temperatura de pré-aquecimento e tectimento na microestrutura e propriedades mecânicas na soldagem MIG/MAG Robotizada de aços SAE 8620 com ABNT LN28.2007**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Bauru, 2007.

RAMALHO, José Pinto; GIMENEZ, Luiz. **Processo de soldagem MIG/MAG**. In: Manual de Tecnologia de Fabricação e Soldagem. Núcleo Tecnológico de Soldagem e Qualidade. Copyright, São Paulo, SP, 2002.

SANTOS, E. O. **Administração financeira da pequena e média empresa**. São Paulo: Atlas, 2001.

SANTOS, S. F. **O Risco na Análise de Investimentos**. 100 fls. 2012. Dissertação Mestrado, departamento de Ciências Econômicas e Empresariais. Universidade Portucalense. Porto, 2012.

SCHROEDER, Jocimari Tres et al. **O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento the capital cost as minimum interest rate in projects investment analysis**. Revista Gestão Industrial, v. 1, n. 02, p. 036-045, 2005

SCOTTI, AMÉRICO.; PONOMAREV, V. **Soldagem MIG/MAG**: melhor entendimento, melhor desempenho, São Paulo: Artliber Editora, 2008.

SOLCI, Arnaldo Mello. **Soldagem ao arco elétrico sob proteção gasosa: processo MIG-MAG**. Apostila. White Martins Gases Industriais S/A - Bauru. 2016

SUMIG, Robótica e automação. **Treinamento básico de soldagem**. Apostila, 2016.

SUMIG. Disponível em: <https://www.sumig.com>. Acessado em 16/09/2020.

WAINER, E., Brandi, S. D., Mello, F. D. H. **Soldagem: processos e metalurgia**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1992.