



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



Alison Pastorio

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

**ANÁLISE DE VIABILIDADE NA AQUISIÇÃO DE UMA NOVA MÁQUINA DE
CORTE A LASER EM UMA EMPRESA DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS**

**PASSO FUNDO
2023**

Alison Pastorio

**ANÁLISE DE VIABILIDADE NA AQUISIÇÃO DE UMA NOVA MÁQUINA DE
CORTE A LASER EM UMA EMPRESA DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS**

Trabalho Final de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção no Instituto de Tecnologia da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Anderson Hoose, Doutor.

Passo Fundo

2023

Alison Pastorio

**ANÁLISE DE VIABILIDADE NA AQUISIÇÃO DE UMA NOVA MÁQUINA DE
CORTE A LASER EM UMA EMPRESA DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS**

Trabalho Final de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Produção no Instituto de Tecnologia da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Anderson Hoose, Doutor.

Aprovado em: 03 de julho de 2023

BANCA EXAMINADORA

Anderson Hoose, Doutor.
Universidade de Passo Fundo. Orientador

Juliana Kurek, Mestre.
Universidade de Passo Fundo

Nilo Alberto Scheidmandel, Mestre.
Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo
2023

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha família, em especial a meus pais Mara Lamonato e Ademir Pastorio, os quais foram essenciais para meu desenvolvimento, confiando no meu potencial e me dando todo apoio e suporte para chegar até aqui.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus que me deu força de vontade, disciplina e coragem para encarar todos os desafios superados.

À minha família, principalmente aos meus pais, por toda paciência e compreensão, além do suporte financeiro e emocional .

Agradeço também aos meus amigos e colegas que me apoiaram nos momentos que precisava, e aos meus professores, em especial ao orientador deste estudo, Professor Anderson Hoose.

E a todos que fizeram parte desta etapa decisiva na minha vida, fica minha imensa gratidão.

RESUMO

Com o mercado cada vez mais competitivo, o investimento em tecnologias e processos automatizados tem sido imprescindível, focando na eliminação de perdas e otimização dos processos. Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo fazer uma análise de viabilidade econômica da aquisição de uma máquina de corte a laser para atingir a demanda prevista em uma empresa de implementos agrícolas situada no Norte do Rio Grande do Sul. Através de uma pesquisa exploratória, como estudo de caso, se fez a avaliação dos dados e custos estimados para aquisição da máquina, bem como a estimativa de ganhos com o investimento. Para isso, foram utilizados métodos da engenharia econômica como Taxa Interna de Retorno, Valor Presente Líquido e tempo de retorno do investimento. Diante disso, os resultados obtidos são ganhos em produtividade, rápido retorno de investimento e automação no processo de corte de chapas.

Palavras-chaves: Máquina de Corte a Laser, Análise de Viabilidade Econômica, Implementos Agrícolas

Sumário

1 INTRODUÇÃO	09
1.1 Considerações Iniciais	09
1.2 Problema	10
1.3 Justificativas	11
1.4 Objetivos	12
1.4.1 Objetivo Geral	12
1.4.2 Objetivos Específicos	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 Corte a laser	13
2.1.1 Materiais que podem ser cortados	13
2.1.2 Equipamentos de uma máquina de corte a laser	15
2.2 Laser de CO ₂	16
2.3 Laser de fibra	18
2.4 Consumíveis	19
2.5 Análise de investimento	20
2.6 Fatores de análise de investimento	20
2.6.1 Valor Presente Líquido	20
2.6.2 Taxa Interna de Retorno	22
2.6.3 Taxa Mínima de Atratividade	22
2.6.4 <i>PayBack</i>	23
3 MÉTODO DO TRABALHO	25
3.1 Objeto de estudo	25
3.2 Procedimento metodológico	25

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE E DOS RESULTADOS	29
4.1 Análise do escopo da máquina	29
4.1.1 Sistema de armazenagem	30
4.1.2 Sistema de alimentação	31
4.1.3 Máquina a laser	32
4.2 Definição de layout	33
4.3 Análise da eficiência	34
4.3.1 Avaliação dos ganhos	35
4.4 Análise de investimento	38
4.5 Análise dos resultados	40
4.6 Vantagens e desvantagens do investimento	40
4.6.1 Vantagens de uma máquina de corte a laser	40
4.6.2 Desvantagens de uma máquina de corte a laser	41
5 CONCLUSÃO	42
5.1 Conclusões do Trabalho	42
5.2 Recomendações para trabalhos futuros	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se a necessidade das empresas de acompanhar as evoluções nos processos de manufatura, automatizando sua produção e aumentando a qualidade de seus produtos para se manter competitiva no mercado. Assim, a análise é feita considerando o ramo de implementos agrícolas, no qual a empresa em estudo pertence.

1.1 Considerações Iniciais

Segundo o site Trumpf o corte a laser tem a função de separar materiais de diversas espessuras, sendo eles metálicos ou não. Para isso, um laser guiado e concentrado encosta na peça com uma temperatura suficiente para que ocorra o aquecimento do material até seu derretimento que em seguida se transforma em vapor.

Inventado em 1960 por Maiman, o primeiro laser era um gerador de estado sólido e desde então esse processo vem sofrendo evoluções de modo contínuo (FARO, 2006). Também para Faro (2006), os equipamentos de corte a laser passaram por diversas evoluções tecnológicas e a cada dia se mostram mais importantes dentro das indústrias, tendo em vista a redução do custo dos seus equipamentos aliado ao aumento da capacidade. Desse modo, outras tecnologias como, corte por plasma e oxicorte tenderão a ser substituídas pelos equipamentos a laser.

Os processos a laser são dependentes das tecnologias de automação das máquinas, pois não é indicado realizar um processo a laser de forma manual. O processo está em ascensão na indústria, no entanto, o Brasil carece de centros especializados nessa área muito devido ao custo elevado dos equipamentos (GUTJAHR, 2016).

Gutjahr (2016) também destaca que as empresas que se destacam no cenário atual são as que buscam produzir com qualidade adequada e com processos que supram suas demandas produtivas. Neste ambiente, o Laser tem recebido uma posição de destaque.

Dessa forma, este estudo tem o objetivo de apresentar uma análise de viabilidade da aquisição de uma nova máquina a laser para corte de chapas plana, para assim, atingir as demandas previstas de acordo com a carga hora máquina, em uma empresa de implementos agrícolas situada na região Norte do estado do Rio Grande do Sul.

1.2 Problema

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea, 2022) a agricultura nacional cresceu e a produção de insumos como soja, milho, trigo e arroz, entre 1975 a 2020, apresentou um aumento de cerca de 400%. Devido a esses avanços o Brasil passou a ser um dos grandes exportadores de alimentos para todo mundo.

Diante disso, as exportações só tendem a crescer e conseguimos analisar essa afirmação através de dados da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2022), onde mostram uma alta de 65,8% nas exportações do agro brasileiro, comparado ao mesmo mês de fevereiro do ano de 2021.

Mesmo com a crescente no índice de produção o número de área plantada apenas dobrou e segundo o site da Embrapa (2018) esse fenômeno é consequência da evolução do rendimento médio das lavouras, onde conseguem aproveitar melhor o espaço disponível, dando destaque para os aumentos de rendimentos de 436% do trigo e 317% para o arroz.

Muito desse aumento da produtividade é consequência da implementação de novas tecnologias no campo, vista que, segundo o site da Agro Bayer Brasil, o brasileiro se destaca nesse segmento. Somente entre 1975 e 2015, 59% do valor bruto da produção brasileira foi consequência do uso de ferramentas tecnológicas.

Diante do crescimento do agronegócio brasileiro e aumento no número de máquinas agrícolas vendidas, que segundo o Fenabreve, teve um crescimento de 37,5% em junho deste ano em relação ao mesmo mês de 2021, a empresa em estudo projeta um aumento na demanda. Cenário que já era esperado pela empresa, devido a montagens de máquinas com altas tecnologias e qualidade que satisfazem a expectativas dos clientes e a aquisição de uma nova empresa do mesmo ramo.

Por esses motivos, faz-se necessário realizar estudos para analisar se a empresa irá conseguir suprir tal demanda sem haver impactos na produção, que acarreta em consequências na relação com o cliente.

Foi observado que será necessário realizar modificações para que a etapa de corte a laser não se torne um gargalo e atrase o processo de montagem das máquinas. Desse modo, uma das alternativas levantadas foi a aquisição de uma nova máquina a laser com mais tecnologia que as duas já existentes e com alimentação automática, o que melhora o processo. No entanto, para obter essa tecnologia será necessário um desenvolvimento de programações, estudo de layout e principalmente um alto custo de investimento.

Neste contexto, a questão da pesquisa é: **é viável a aquisição de uma novamáquina de corte a laser para atingir a demanda programada?**

1.3 Justificativa

A automação dos processos beneficia diretamente os padrões de qualidade das empresas, pois é ela que faz com que os produtos mantenham as mesmas características, isso aliado a alta produtividade, assim, garantindo a melhor manutenção de uma produção, menores índices de retrabalhos, com o objetivo de atender o cliente em um menor prazo, com produtos de qualidade e um preço competitivo no mercado (MARTINS, 2012).

Diante disso, Martins (2012) também destaca a importância da automação para que as empresas se mantenham vivas no mercado, garantindo qualidade e melhorias nos processos de manufatura dos produtos, assim possibilitando uma maior competição no mercado globalizado, onde nossos concorrentes podem estar em qualquer lugar do mundo.

O ramo agrícola está em constante evolução e as operações, comparadas a algumas décadas atrás, os produtos estão demandando muito mais precisão e tecnologia. Desse modo, investir em ferramentas automatizadas tem sido fundamental, principalmente para empresas que buscam otimização dos processos e redução de custos, para manter-se competitivas no mercado.

Amoros (2008) destaca que tecnologia e a capacidade de produzir com qualidade é essencial para as empresas conseguirem competir no mercado nacional e internacional, nessa perspectiva, as empresas brasileiras estão, a cada dia, tentando se adaptar a esses desenvolvimentos. Avaliando esse cenário, a implementação de equipamentos capacitados ao corte a laser ajuda na flexibilização da produção nos mais variados setores da economia, vista disso, esses equipamentos vêm ganhando grande importância nas indústrias metalúrgicas.

Na busca pela qualidade os detalhes fazem toda a diferença para os clientes, desse modo, Urtado, Lima e Bairo (2008) destacam que a principal vantagem do corte a laser, comparando com o oxicorte e o plasma, é que o processo em laser oferece um melhor acabamento na peça com uma elevada precisão aliado a alta velocidade, pois tem uma pequena área de material removido, menos de 10% comparada aos outros dois processos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo consiste em avaliar a viabilidade na aquisição de uma nova máquina de corte a laser para suprir as demandas do corte de peças em aço plano para uma empresa de implementos agrícolas

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são definidos como:

- Identificar a necessidade de aquisição de uma nova máquina para suprir a demanda por peça em aço plano;
- Realizar um estudo de layout para avaliar se o espaço disponível;
- Calcular a viabilidade de aquisição de uma nova máquina de corte laser;
- Avaliar os ganhos na produtividade;

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são apresentadas as teorias acerca do tema proposto, assim, demonstrando os conceitos do corte a laser, equipamentos necessários e análise de viabilidade, baseando-se em livros e artigos científicos que sustentam esta pesquisa.

2.1 Corte a laser

Existe uma variedade de tipos de laser no mercado, onde as características diferem entre elas, porém mantendo alguns aspectos comuns a todas. A designação do dispositivo se difere em 3 tipos e geralmente remete ao material que é usado em seu meio ativo, onde temos material em estado sólido, líquido e gasoso. dentro dos grupos são mais utilizados os equipamentos que utilizam CO₂, Nd: YAG e Tb:YAG (VILAS, 2013).

O raio laser tem uma grande aplicação em diversas áreas, como na medicina, telecomunicação e principalmente na indústria para corte de aço, alumínio e suas ligas. O processo envolve uma concentração de energia muito grande, onde o feixe de laser é concentrado em um único raio, orientando-se por óticas, produzindo um ponto de calor capaz de fundir e vaporizar o material em volta do ponto de incidência do feixe de laser, assim, furando e cortando todos os materiais, não importando a resistência mecânica (TELECURSO 2000).

Como aponta Faro (2006), em termos industriais, a tecnologia a laser teve seu início em meados dos anos 70 e desde lá vem sofrendo um forte desenvolvimento em três vertentes fundamentais, sendo elas:

- a) Desenvolvimento de lasers mais potentes e com melhores feixes;
- b) Desenvolvimento e melhor compreensão dos processos de transformação de material;
- c) Aumentar a produtividade dos equipamentos através de sistemas de movimentação e controle.

2.1.1 Materiais que podem ser cortados

De acordo com Dias (2015) as indústrias estão a cada dia aderindo mais o corte a laser nos seus processos de fabricação, tanto para corte das peças quanto gravações, pois é um método que pode ser usado em diversos materiais e através dele podemos obter peças com geometrias mais complexas e com maior precisão.

Por ser um processo de extrema versatilidade, logo pode processar diversos tipos de materiais, sendo eles os mais comumente usados (INDÚSTRIAHOJE, 2013):

- a) Aços carbonos;
- b) Aços inoxidáveis;
- c) Aços galvanizados;
- d) Alumínio e suas ligas;

De acordo com o Telecurso 2000, normalmente os mais utilizados, entre os aços carbonos, são os 1010, 1020, 1045, pois possuem baixo percentual de carbono e são materiais que resistem ao calor sem grandes danos nas propriedades mecânicas.

O laser é o melhor e mais tecnológico sistema de corte de chapas por meio térmico, reduzindo o custo e protegendo a superfície das peças, além disso, possui outras vantagens, como (LGV, 2010):

- a) Não causa distorção nas peças;
- b) Menos sucata;
- c) Armazenamento eletrônico do desenho das peças cortadas;
- d) Precisão dimensional;
- e) Variedade de espessura;
- f) Melhor sistema CAD/CAM para o desenvolvimento das peças;
- g) Altas velocidades de processo.

Existem vários parâmetros para o processo de corte a laser desses materiais, sendo alterados conforme o tipo e espessura do material utilizado, os principais são esses (GOLMANN, 2010):

- a) Variação na velocidade do corte: Conforme a espessura do material aumenta, a velocidade de corte diminui e tempos muito longos de corte podem ocasionar rebarbas na parte posterior da área atingida, estrias na superfície do corte;
- b) Posição do foco: este parâmetro define a distância focal da lente;
- c) Gás do corte: Responsável por eliminar as partículas do material fundido após ser atingido pelo feixe de luz;

d) Potência e intensidade: geralmente é especificada em Watts.

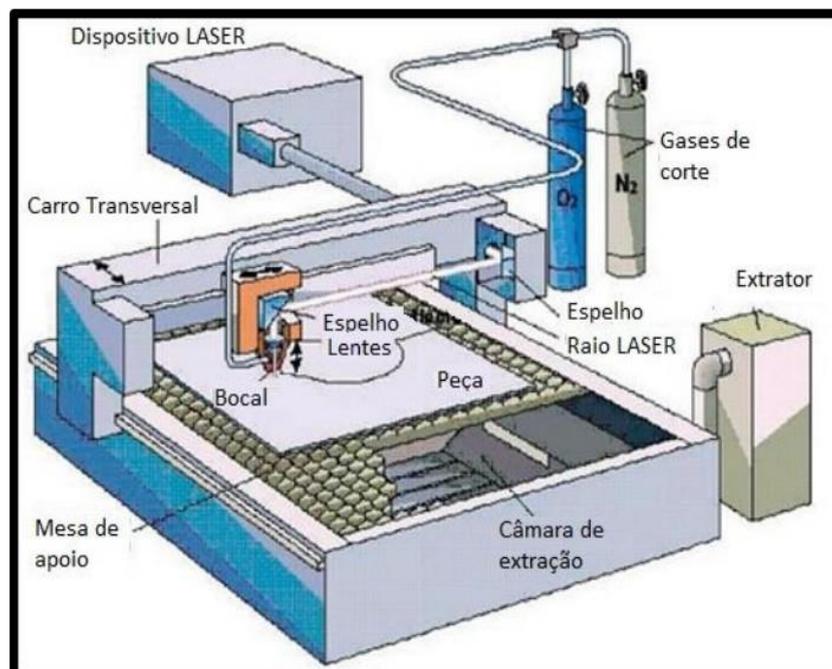
2.1.2 Equipamentos de uma máquina de corte a laser

Para Joaquim e Ramalho (2010), por ocorrer em alta velocidade e envolver alta concentração de energia em um ponto, uma vez que o feixe deve ser muito concentrado, os sistemas de corte a laser não podem ser operados manualmente.

Os equipamentos mais comuns de corte a laser consistem em mesas móveis que se movimentam nos eixos x, y, z. Sendo os eixos x e y responsáveis por determinar as coordenadas do corte, enquanto o z corrige a altura da superfície da chapa até o ponto focal, pois durante o corte essa distância é prejudicada por deformações nas chapas. Essas coordenadas geralmente são governadas por um sistema CAD, acoplado à mesa de corte (JOAQUIM e RAMALHO, 2010).

A máquina de corte a laser é constituída por diversas partes essenciais para o funcionamento com 100% de eficiência e segundo Dias (2015), esses são demonstrados na Figura 1

Figura 1 - Esquema de uma máquina a laser



Fonte: Dias (2015).

- a) Tubo laser: produz o feixe laser com a tensão que recebe da fonte;
- b) Fonte do laser: converte a tensão da rede
- c) Motor: responsável pela movimentação do bocal;
- d) Espelhos: refletem o feixe laser até o bocal;
- e) Placa controladora: controla os movimentos do bocal e ativação do laser;
- f) Rolamento: movimentação axial e radial da máquina;
- g) Exaustor: remove os gases provindos do corte.

Além disso, conta com sistema de refrigeração que controla a temperatura do tubo laser, mantendo-o numa temperatura ideal. Na Figura 2 podemos observar uma representação de um tubo a laser utilizado nas máquinas a laser.

Figura 2- Canhão laser



Fonte: Grabcad Community (2015).

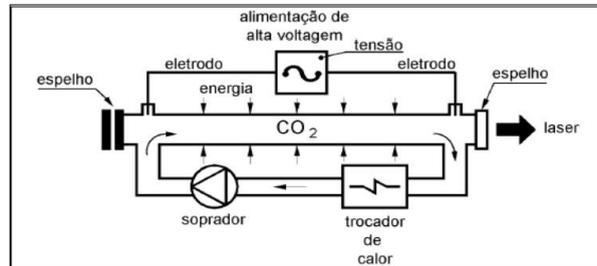
2.2 Laser de CO₂

Os lasers de CO₂, emitem radiação laser com um comprimento de onda de 10,6 μ m e possuem uma eficiência global de cerca de 10 a 13%. O ativo do laser é composto por uma mistura de CO₂, N₂ e He, onde, o primeiro é a molécula de laser ativo (IZIDORO *et al.* apud PEER-REVIEWED *et. al.*, 2015)

O sistema de geração de feixe mais utilizado no processo de corte de materiais é o laser CO₂. Para a Fundação Roberto Marinho (1997), a geração do laser ocorre através de um evento de mudança de nível orbital dos elétrons dos átomos do CO₂, onde eles ocupam

determinadas posições dentro da estrutura do átomo. O CO₂ circula por influência de um soprador, dentro de uma câmara, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Geração do raio laser

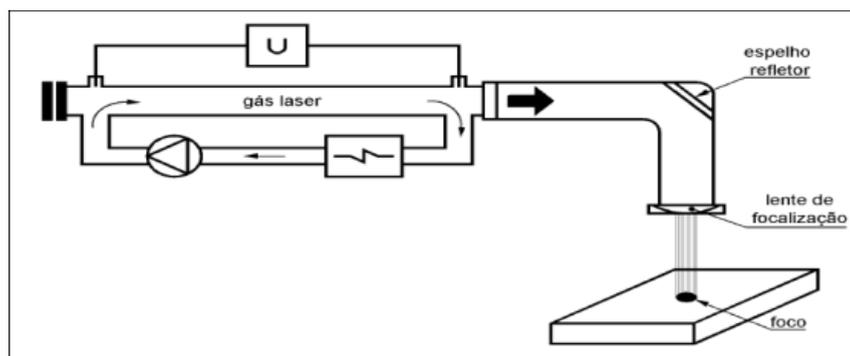


Fonte: Fundação Roberto Marinho (1997).

Através dos eletrodos é criado um campo elétrico que aumenta a energia do gás dentro da câmara, assim excitando os elétrons e acarretando a mudança de nível orbital, passando a girar em níveis mais externos. Após, os elétrons voltam ao nível energético original, eliminando a energia extra adquirida, ocorrendo essa liberação na forma de luz, gerando assim o raio laser (FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO, 1997).

O feixe de luz é guiado pelos espelhos até ser concentrado no cabeçote da máquina, através de lentes, num ponto único, onde o direcionamento permite que a energia se concentre em um ponto inferior a 0,24 mm de diâmetro (FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO, 1997). podemos observar esse processo na Figura 4.

Figura 4- Geração do raio laser

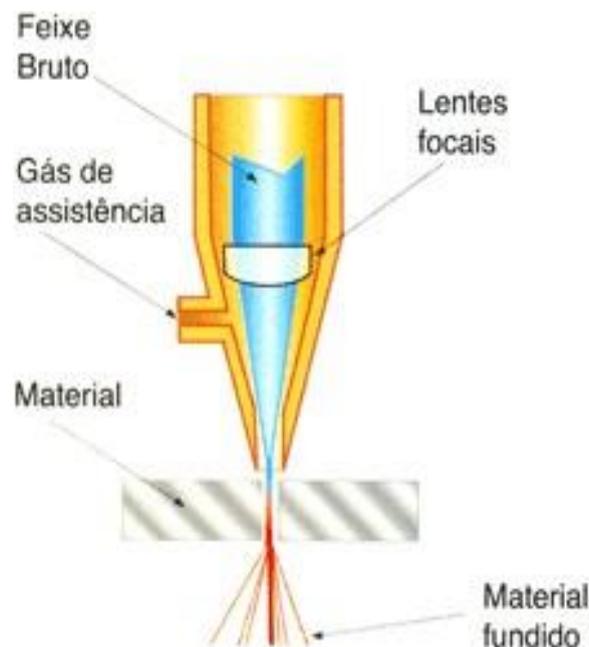


Fonte: Fundação Roberto Marinho (1997).

Com o entendimento das características de fusão e evaporação que o feixe de laser causa no material, de acordo com o site IndustriaHoje (2013), podemos concluir que o

processo só irá ser realizado com velocidade e qualidade, quando adicionarmos um jato de gás no feixe de energia, mais conhecido como gás de assistência, sua principal finalidade é expulsar as partículas dos materiais, assim, abrindo caminho para o feixe. Os gases mais comuns utilizados nas indústrias são o Oxigênio e Nitrogênio. Podemos observar o processo descrito na Figura 5.

Figura 5- Processo de corte a laser



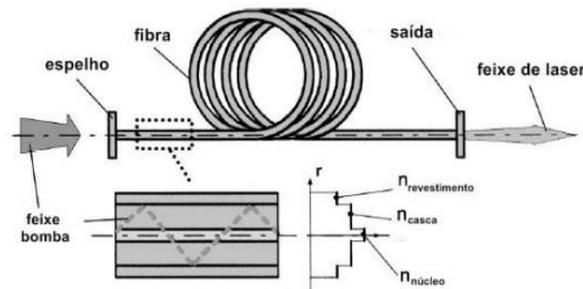
Fonte: Industriahoje (2013).

2.3 Laser de fibra

O laser de fibra pertence aos grupos de laser de estado sólido, e seu meio ativo é uma fibra de sílica dopada que possui uma onda de 1064nm e produz um diâmetro focal extremamente pequeno que faz com que a sua intensidade, com a mesma potência emitida, seja de até 100 vezes mais do que a do laser de CO₂, o que faz o laser de fibra ser adequado para cortes de metais, metais revestidos e plásticos (OLIVEIRA, 2020).

De acordo com Silva (2014), o laser de fibra se caracteriza pelo seu tamanho compacto e excelentes parâmetros do feixe. São inseridos dois filtros nas fibras com objetivo de provocar uma restrição no comprimento da onda, reduzir flutuações na intensidade do feixe e eliminar modos espectrais exagerados. Podemos observar o esquemado processo na Figura 6.

Figura 6- Esquemática do laser a fibra



Fonte: Wandera (2006).

Inicialmente comercializadas em equipamentos militares, a partir de 2002, o laser de fibra tem ganhado um destaque especial nos processos das indústrias, muito pelo fato de a tecnologia fibra ter uma série de vantagens em relação aos demais cortes, onde podemos destacar (GUTJAHR, 2016):

- a) maior eficiência energética;
- b) baixo custo de manutenção;
- c) flexibilidade na entrega do feixe para a operação;
- d) menos necessidade de manutenção;
- e) equipamentos com pequenas dimensões e volumes;
- f) confiabilidade e robustez.

2.4 Consumíveis

Os consumíveis mais comumente utilizados nos equipamentos de corte a laser e que devem ser periodicamente trocados após a deterioração são os seguintes (CORTE E CONFORMAÇÃO DE METAIS, 2022):

- a) Bicos;
- b) Anéis e espaçadores;
- c) Cabos sensores;
- d) Componentes cerâmicos;
- e) Lente focal;

- f) Espelhos;
- g) Filtros;
- h) Lubrificantes.

2.5 Análise de investimento

De acordo com Camargos (2017), para fazer a análise de viabilidade de um investimento devemos mensurar os recursos que vamos utilizar para implantar, como por exemplo, os gastos para realizar o investimento, tal como, os retornos que vão ser gerados no futuro para a empresa. Feito isso, podemos avaliar a atratividade econômica, onde se trabalha com a perspectiva a longo prazo.

Para empreender devemos analisar a qualidade do investimento e conseguimos isso com as informações obtidas através dos indicadores de viabilidade, assim, proporcionando uma base para a tomada de decisão do empreendedor (LIMA JUNIOR, 1998).

Desse modo, para Filho (2019) a Engenharia Econômica se mostra importante, no momento que os engenheiros frequentemente se deparam com decisões que envolvem estudos econômicos com aplicações bastante amplas, sendo elas em empresas, particulares ou entidades governamentais.

2.6 Fatores de análise de investimento

Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) são métodos bastantes recomendados nas análises de investimentos e são denominados como os mais tradicionais e eficientes. Além desses dois métodos, o Payback (PB), devido a fácil aplicação, também é bastante utilizado (SCHROEDER, 2005).

2.6.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O método do Valor Presente Líquido é a técnica mais conhecida e utilizada nas análises de investimento, como o nome já diz, o VPL é a centralização dos valores esperados de um fluxo de caixa na data zero. Para aplicar esse método é utilizada como taxa de desconto a Taxa de Mínima Atratividade da empresa (TMA) (SOUZA, 2008).

De acordo com Brom (2007), também denominado de método de avaliação de fluxos de caixa descontado, o VPL possibilita comparar o valor investido e o valor dos

retornos esperados, considerando todos os valores no momento atual. a fórmula do VPL é representada pela equação da Figura 7:

Figura 7- cálculo do VPL

$$\text{VPL} = -I_0 + \frac{\text{FCL}_1}{(1+i)} + \frac{\text{FCL}_2}{(1+i)^2} + \frac{\text{FCL}_3}{(1+i)^3} + \frac{\text{FCL}_n}{(1+i)^n}$$

Fonte: Brom (2007).

Em que:

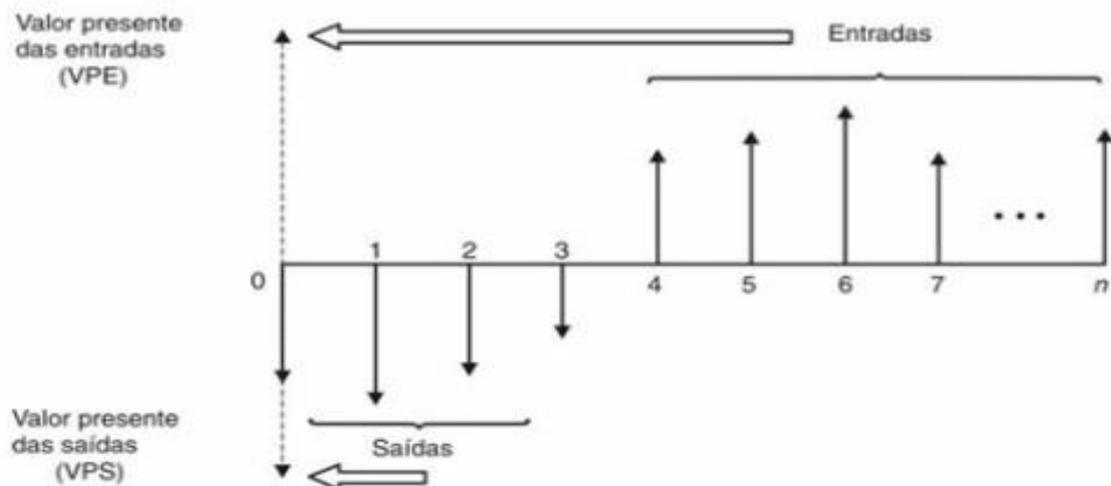
I_0 = investimento a ser realizado.

FCL= fluxo de caixa líquido, esperado como retorno.

i = Taxa de desconto ou de atratividade.

Segundo Andrade (2012), para aplicação do método devemos considerar uma taxa de desconto que reflita em uma oportunidade para investir o dinheiro ou a rentabilidade mínima que a empresa deseja obter. A representação do cálculo do VPL pode ser observada na Figura 8.

Figura 8- Representação esquemática do cálculo do VPL



Fonte: Andrade (2012).

2.6.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Para Silva e Alves (2018), através da Taxa Interna de Retorno o VPL do fluxo de caixa de um projeto de investimento se transforma em zero, de um modo mais simples, essa taxa iguala a zero as entradas e saídas atualizadas de um investimento.

Esse método, independente de qualquer variável externa do projeto, indica o retorno intrínseco do investimento, onde o projeto indica viabilidade de investimento se a TIR for maior que a Taxa Mínima de Atratividade (HASTINGS, 2013).

Camargo (2017) conceitua TIR como a rentabilidade apresentada no projeto, referente ao capital que nele permanece investido. Ou seja, se o fluxo do projeto for mensal, a TIR apresentará a rentabilidade gerada mensalmente. Matematicamente a TIR é representada pela equação da Figura 9:

Figura 9- fórmula de valor presente

$$TIR \Rightarrow 0 = -I.I. + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Fonte: Camargo (2017).

onde:

FC_t = entrada ou fluxo de caixa de cada período t;

i = taxa interna de retorno do projeto;

n = número de períodos do projeto;

I.I = investimento realizado no momento zero.

2.6.3 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

De acordo com Souza (2008), a TMA é entendida como a melhor taxa disponível para aplicação do capital em análise, onde tem um baixo grau de risco. Desse modo, o empreendedor sempre terá duas opções de investimento: investir no projeto ou na “taxa de Mínima Atratividade”.

Segundo Andrade (2012) a TMA representa a taxa mínima que o projeto deve oferecer para ser aceito e essa taxa pode ser determinada através de cinco enfoques:

- 1- Custo médio ponderado de capital da empresa;
- 2- Custo de oportunidade do dinheiro;
- 3- Custo do financiamento do projeto;
- 4- Importância estratégica do projeto;
- 5- Taxa de desconto ajustada ao risco.

2.6.4 PayBack

Para Dal Zot e Castro (2015) o *Payback* é conhecido como um prazo para que o capital investido retorne, logo, é um período de tempo necessário para que os valores positivos do fluxo de caixa sejam suficientes para igualar o valor do investimento inicial.

Segundo Bruni (2017) o prazo necessário para recuperação do investimento pode ser feitas de duas formas distintas, sendo elas:

- 1- *Payback* simples: não considera o custo de capital da empresa e para se obtê-lo basta verificar o tempo necessário para que a soma dos fluxos de caixas gerados pelo investimento seja igual a zero, usando os valores nominais para a soma do saldo;
- 2- *Payback* descontado: considera o custo de capital da empresa e os procedimentos são similares ao do *payback* simples, no entanto, transforma os fluxos de caixa em valor presente, onde basta aplicar a equação da Figura 10.

Figura 10- fórmula de valor presente

$$VP = \frac{VF}{(1 + i)^n}$$

Fonte: Bruni (2017).

O *Payback* é refere-se ao tempo de retorno do capital investido, sendo assim, segundo Gitman (2010, p. 366), “quanto mais tempo for preciso esperar para recuperar os fundos investidos, maior será a possibilidade de que ocorram imprevistos”. Desse modo,

Silva e Alves (2018) ressaltam que as empresas estão preocupadas em recuperar seus investimentos o mais rápido possível, visto que os produtos estão se tornando mais obsoletos pelo fato do grande avanço tecnológico.

3 MÉTODO DO TRABALHO

Este capítulo apresenta o objeto de estudo e uma descrição do caminho percorrido no trabalho de pesquisa, para que fosse possível chegar a uma conclusão sobre a análise de investimento.

3.1 Objeto do estudo

O objeto de estudo é uma empresa fundada em 1828 na França, do setor metal mecânico, onde se estabelece como referência mundial no mercado de máquinas agrícolas, projetando, fabricando e distribuindo uma diversidade de equipamentos para simplificar o trabalho no campo.

O estudo foi realizado em uma das suas filiais localizada no norte do estado do Rio Grande do Sul, onde é realizado os processos de fabricação e conseqüentemente a montagem das máquinas.

A empresa se destaca pelos equipamentos com soluções inovadoras e busca sempre investir em tecnologias, melhorias de processos, treinamento dos colaboradores e qualificação dos produtos para satisfazer os clientes e oferecer sempre os melhores produtos para otimização dos processos e maior rendimento da produção.

Para realizar a montagem a empresa realiza todos os processos antecessor a ela, sendo assim, possui equipamentos modernos como, torno CNC, máquinas a laser, robô de solda, cabines de pintura e ainda conta com processo de fundição. Atualmente possui fábricas em 3 continentes e centros de distribuição e importadores em mais de 100 países.

3.2 Procedimento metodológico

A pesquisa científica é um processo metódico de investigação, a fim de desenvolver uma solução para algum problema a partir de dados coletados. Segundo

Pereira (2019) a pesquisa científica é orientada para a solução de problemas, portanto, são procedimentos sistemáticos e técnicas que buscam encontrar soluções para o tema proposto pelo pesquisador, por meio do emprego de métodos científicos.

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizados alguns procedimentos metodológicos em relação a natureza e universo da pesquisa e a abordagem do estudo.

No que se refere à natureza da pesquisa, ela se caracteriza como exploratório que, de acordo com Sampieri, Collado e Lucio (2013), a pesquisa exploratória é usada quando queremos estudar um tema no qual é pouco explorado. Ou seja, o seu objetivo é examinar um problema no qual temos poucas referências para criarmos uma perspectiva.

Em relação a abordagem do estudo, a pesquisa é quali-quantitativa, pois aborda dados numéricos e verbais. Creswell e Clark (2013) afirmam que se trata de uma abordagem mista, onde os indivíduos usam tanto palavras quanto números para resolver os problemas, assim, combinando o pensamento indutivo e dedutivo.

Quanto ao universo da pesquisa, o trabalho é um estudo de caso, que segundo Pereira (2016), o estudo se classifica como estudo de caso quando envolve um estudo exaustivo e profundo de poucos objetos, para que haja o um amplo detalhamento do mesmo.

Este trabalho usou os métodos citados anteriormente, para o desenvolvimento da análise de viabilidade da máquina de corte a laser foram utilizados elementos da engenharia econômica. Contudo, devido os valores do investimento da empresa serem sigilosos e estratégicos, houve uma ponderação dos valores, no entanto, não afetou o resultado final do estudo.

Os passos realizados estão representados na Figura 11:

Figura 11- Passos a serem realizados



Fonte: Autor (2022).

O estudo consiste em 5 fases de desenvolvimento, sendo elas:

1- Definição de layout e escopo da máquina: Neste passo, foram definidos os recursos necessários na máquina para melhorar o fluxo de matéria prima, aumentar a automação, desempenho e por conseguinte a produtividade. Após, foram contatados os fornecedores para a realização das cotações, escopo do investimento e implementação da máquina dentro do centro de usinagem com simulações no layout 2D;

2- Amostragem das peças e carga hora anual: no segundo passo foram filtrados no sistema geral da empresa somente as peças que são manufaturadas na sede em estudo, levando em consideração o tempo de fabricação e custo de cada peça, assim, mensuramos a demanda prevista para o próximo ano;

3-Realização da análise de investimento: Os métodos utilizados para a análise de investimento são os abordados abaixo:

- a) VPL (Valor Presente Líquido): o VPL de um projeto de investimento tem o objetivo de calcular os movimentos do fluxo de caixa, comparando-os ao investimento inicial, para assim, calcular o valor que devemos receber no futuro, porque esse montante não terá o mesmo valor de hoje. Na empresa em estudo foram considerados os próximos 10 anos após a aquisição do equipamento;
- b) TIR (Taxa Interna de Retorno): a TIR é uma fórmula matemática que demonstra o poder de retorno do investimento ao longo do tempo, onde

quanto mais alta, mais indicado é o investimento. A empresa em questão considera que para ser viável o investimento a taxa tem que ter um percentual superior a 14%, do contrário, não é atrativo;

- c) PAYBACK: é um cálculo que permite saber em quanto tempo o lucro do investimento cobrirá o valor aplicado para realizá-lo, assim, ajudando o empreendedor na tomada de decisão.

4-Vantagens e desvantagens da aquisição: nesta etapa foram analisadas as vantagens e desvantagens na aquisição da nova máquina de corte a laser.

5-Análise dos resultados obtidos: neste passo, foram avaliados os resultados obtidos nos cálculos de TIR, VPL E PAYBACK, com essa análise conseguimos decidir se o investimento é viável ou não, desse modo, ajudando a empresa na tomada de decisão.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para dar início a apresentação dos resultados, foi avaliado o cenário atual da empresa para compreender a real necessidade da aquisição de uma nova máquina de corte a laser.

De acordo com os estudos realizados pela empresa, projetando sua demanda para o ano de 2023, foi constatado que a produção vai se manter em alta, e a carga hora das máquinas vai aumentar devido a uma aquisição da empresa em estudo de uma outra empresa concorrente, levando a produção de produtos novos e conseqüentemente o aumento da demanda por peças de chapas cortadas em laser.

A empresa já possui 2 máquinas de corte a laser, as quais já possuem uma tecnologia defasada, tendo em vista que foram adquiridas a mais de 10 anos, e com o grande avanço da tecnologia nos últimos anos, elas não estão mais atendendo a demanda necessária pela empresa.

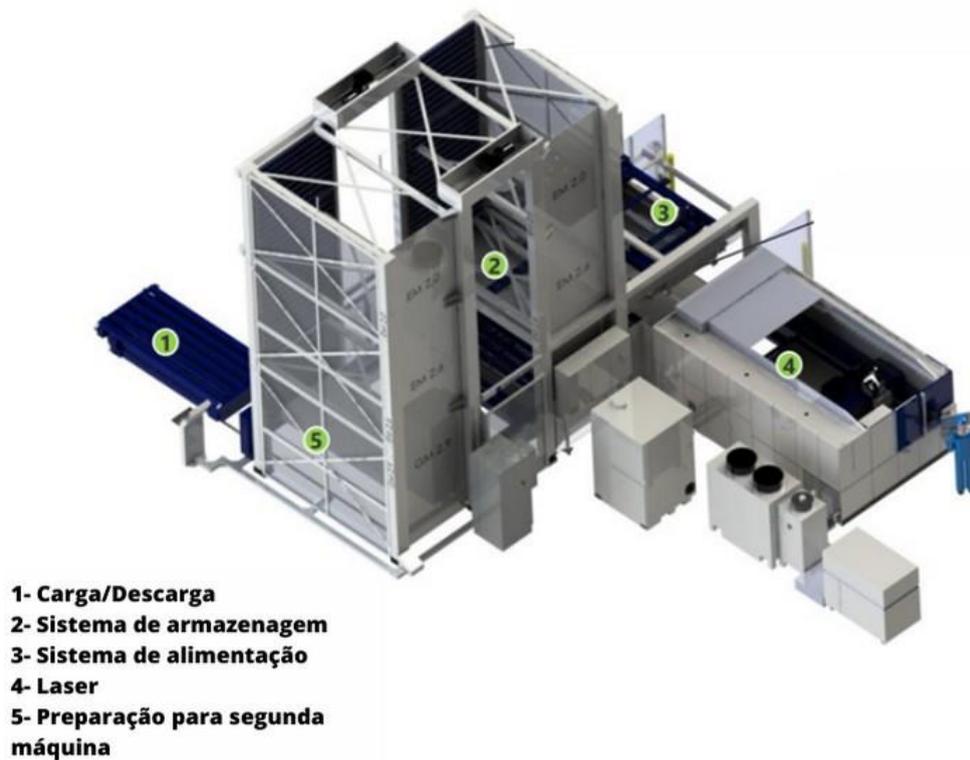
Pelos motivos acima, esse estudo foi realizado para solucionar a alta demanda por corte de chapas planas e otimização do estoque de matéria prima, isso por meio de uma nova máquina de corte a laser de fibra com alta tecnologia que venha atender as expectativas da empresa e absorver a demanda.

4.1 Análise do escopo da máquina

Após realizadas as reuniões com todas as áreas que iriam se envolver no projeto, sendo eles, manufatura, manutenção e a direção que iria liberar o valor para fazer o investimento, a fim de definir quais os requisitos para manter um padrão e filtrar os fornecedores. Visto isso, duas empresas foram contatadas, que podem ser denominadas A e B, das quais foram recebidos os escopos e as propostas técnicas.

Após análises dos equipamentos optou-se pelo equipamento da empresa B, os principais parâmetros levados em consideração foram a tecnologia e principalmente a eficiência em caso de necessidade de assistência técnica ou manutenção, onde numa empresa que é refém das chapas cortadas, a velocidade de manutenção é essencial para os ganhos.

Na Figura 12 podemos observar a imagem da máquina, seguido pela identificação dos componentes.



Fonte: fornecedor B (2023).

4.1.1 Sistema de armazenagem

O sistema de armazenagem compacto é altamente flexível, expandindo-se de acordo com suas necessidades, enquanto reduz a demanda por espaço físico. Além disso, oferece a opção de ampliá-los até um sistema totalmente automático. O cliente pode escolher entre 15 níveis de altura de armazenamento, e os compartimentos podem ser ajustados em 90, 170 ou 260 mm. Também há possibilidade de selecionar duas alturas de carga dentro do mesmo sistema. Para maior conveniência, os sistemas de armazenagem podem ser facilmente conectados à sua máquina de corte a laser. Com o princípio de módulos, é possível realizar ampliações a qualquer momento.

O sistema também conta com um sistema de pesagem, onde faz a detecção do material com precisão de segundos e pesa a pilha de chapas no aparelho de operação das estantes. O sistema de armazenamento está ilustrado na Figura 13.

Figura 13 - dispositivo de armazenagem



Fonte: Fornecedor B (2023).

4.1.2 Sistema de alimentação

O sistema de alimentação é a unidade de carregamento e descarregamento mais rápida do portfólio da empresa. A solução de automação dinâmica e flexível para a execução mais rápida do transporte das chapas. Esse sistema necessita de pouco espaço e tem um ciclo curto de 90 segundos, funcionando sem operadores 24 horas por dia e fazendo o carregamento e descarregamento das peças de forma paralela, além disso, alimenta chapas de até 4000mm x 2000mm, com espessura de 20 mm e 1600 kg. Na Figura 14 podemos observar a estrutura do sistema.

Figura 14 - sistema de alimentação



Fonte: Fornecedor B (2023).

4.1.3 Máquina a laser

A máquina a laser é atrativa pela sua alta flexibilidade e economia, essa em pauta, escolhida para a aquisição, permite o processamento de metais não ferrosos e ainda possui um sistema que possibilita resultados de corte de alta qualidade ao longo de toda a faixa de espessuras da chapa, isso, somado a um corte em nanojuntas que permitem uma melhor qualidade e remoção mais fácil da peça, graças à fixação mínima ao esqueleto

Outro ponto analisado é um *Cooler* que permite uma refrigeração eficiente substituindo o líquido de refrigeração por água, reduzindo cerca de 15 toneladas de CO₂

para cada refrigerador. Além disso, comparando com os refrigeradores convencionais, esse *cooler* reduz em até 80% o consumo de energia.

Podemos observar o modelo da máquina na Figura 15.

Figura 15 - Máquina laser



Fonte: Fornecedor B (2023).

Além dos fatores citados acima, segue algumas características que foram consideradas importantes para a aquisição.

- a) Velocidade máxima de 170 m/min;
- b) Área de trabalho no eixo X : 4000 mm;
- c) Área de trabalho no eixo Y : 2000 mm;
- d) Espessura máxima da chapa de inox: 40 mm
- e) Espessura máxima de chapa de aço carbono: 30 mm

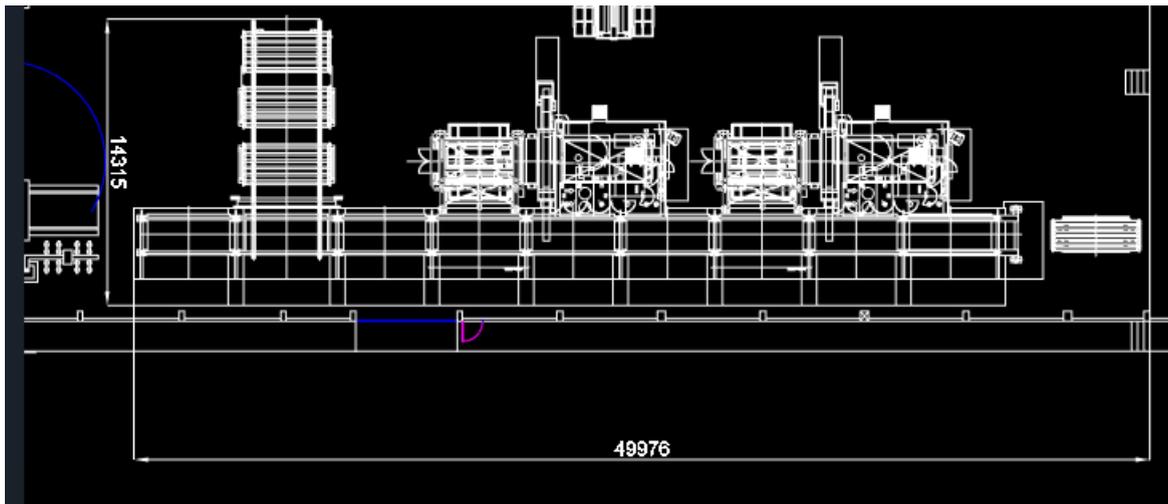
4.2 Definição de layout

O primeiro ponto avaliado foi o espaço disponível para alocar a nova máquina, considerando que a empresa já encontra dificuldade para organizar o estoque de matéria prima de chapas planas, o que tende a aumentar devido aos novos produtos.

Foram realizadas reuniões para definir o melhor local para alojar a máquina por meio de um consenso com as áreas envolvidas no projeto, através disso, foram analisadas duas sugestões, das quais foram recebidas as propostas e os escopos das máquinas.

Após analisar os escopos das máquinas, para melhor compreensão do espaço disponível no pavilhão da usinagem, foi realizada uma simulação em 2D com o escopo fornecido pela empresa B. Na Figura 16 podemos observar a simulação.

Figura 16 - Simulação 2D



Fonte: Do autor (2022).

De acordo com a análise feita pelas partes, esse modelo seria o ideal para a implementação, devido a possibilidade de armazenagem das chapas em torres acopladas no sistema da máquina, com disponibilidade para até 9 torres como consta na Figura 13.

Desse modo, a alocação da nova máquina a laser que ocupa uma área de aproximadamente 700 m² se torna viável referente ao layout, onde conseguem aproveitar o espaço que estava sendo utilizado exclusivamente para estoque de chapas, que correspondia a aproximadamente 616 m².

4.3 Análise da eficiência

A equipe da manufatura realizou estudos para analisar as diferenças no tempo de corte das máquinas em estudo, para isso foram coletados dados gerais das chapas que são cortadas anualmente na filial em Passo Fundo e na empresa que foi adquirida, assim fazendo uma relação de volume, espessura e tempo de corte.

Para comparação foi usada a máquina a laser já existente na empresa de 3200W com tecnologia baseada em CO₂, já as usadas para a análise foram duas máquinas de laser com meio ativo de fibra de sílica uma com 10Kw e outra com 12Kw

Segue na Figura 17 o resultado da comparação entre as máquinas.

Figura 17 -Planilha de comparação de eficiência

Espessura(mm)	Volume(Unid/Ano)	CO2- TruLaser 3200w			10kw			12kw		
		Horas (Ano)	(m/min)	(m/min)	Diferença de velocidade	Horas (Ano)	(m/min)	Diferença de velocidade	Horas (Ano)	
0,8	4020	20,3	6,5	60	9,23	2,201	60	9,23	2,20	
1,2	11460,8	253,5	6,2	55	8,87	28,579	55	8,87	28,58	
1,5	34396	647,3	6	50	8,33	77,674	50	8,33	77,67	
1,9	77840,4	1030,4	5,4	38	7,04	146,431	38	7,04	146,43	
2	38565,2	508,2	5,4	38	7,04	72,218	38	7,04	72,22	
2,5	13761,6	167,4	5,1	36	7,06	23,715	36	7,06	23,72	
2,6	51732,4	640,1	5,1	29	5,69	112,566	33	6,47	98,92	
2,65	141860,4	860,0	5,1	29	5,69	151,248	33	6,47	132,92	
3	268770	2010,4	5	29	5,80	346,621	33	6,60	304,61	
3,17	15,2	2,4	3,6	22	6,11	0,386	26	7,22	0,33	
3,7	150760,8	883,8	3,2	20	6,25	141,408	24,9	7,78	113,58	
3,75	43461,2	412,1	3,2	20	6,25	65,939	24,9	7,78	52,96	
4	12708,4	155,8	3,2	20	6,25	24,934	24,9	7,78	20,03	
4,25	21,6	0,8	3,12	15,8	5,06	0,158	20,5	6,57	0,12	
4,7	9392,4	52,4	3,1	14,5	4,68	11,203	17,8	5,74	9,13	
4,75	137715,6	1552,9	3,1	14,5	4,68	332,004	17,8	5,74	270,45	
6	2350,4	44,6	2,8	11	3,93	11,343	13,6	4,86	9,17	
6,3	92534,4	382,9	2,8	11	3,93	97,460	13,6	4,86	78,83	
6,35	127626,8	1608,8	2,8	11	3,93	409,523	13,6	4,86	331,23	
8	104517,6	1539,2	2,3	6,8	2,96	520,612	8,2	3,57	431,73	
9,5	101539,6	1013,3	1,8	4,7	2,61	388,080	6	3,33	304,00	
12,5	72269,6	1679,9	1,5	2,1	1,40	1199,914	2,1	1,40	1199,91	
12,7	8,8	2,2	1,4	2	1,43	1,526	2	1,43	1,53	
16	27727,2	574,2	1,01	1,65	1,63	351,470	1,65	1,63	351,47	
19	3557,6	116,2	0,87	1,35	1,55	74,892	1,35	1,55	74,89	
2 inox	186,4	7,6	4	50	12,50	0,609	50	12,50	0,61	
2,5 inox	816,4	29,5	3,8	40	10,53	2,803	40	10,53	2,80	
3 inox	4	0,0	3	32,5	10,83	0,003	40	13,33	0,002	
4 inox	68,8	8,2	2,2	21,5	9,77	0,843	27,6	12,55	0,66	

Fonte: Autor (2023).

Na sequência está a explicação sobre os dados de cada coluna da planilha, bem como das fórmulas utilizadas:

- Espeçura: Espeçura da chapa cortada;
- Volume: Quantidade de peças produzidas de cada espeçura;
- Diferença de velocidade: m/min da máquina em estudo/m/min da máquina base;
- Horas: Tempo em horas que a máquina leva para cortar o volume espeçífico de peças de determinada espeçura, foi calculado horas da máquina base/fator diferença de velocidade;
- Metros/minutos(m/min): velocidade de corte da máquina.

4.3.1 Avaliação dos ganhos

No que tange os ganhos quantificáveis com o projeto, destaca-se a produtividade, mão de obra e a logística, que tem relação com a redução do tempo de corte das peças e

melhora no fluxo de produção, realizado desde a compra da matéria prima até o produto final.

O custo de uma nova máquina laser é alto, no entanto a produtividade e padronização das peças o tornam viável. A nova máquina de corte a laser de 12kw é aproximadamente 4 vezes mais rápida que a já disponível na empresa e oferece uma ganhode aproximadamente 12 mil horas anuais, por esse fato, foi a máquina escolhida para seguir os estudos.

Na Figura 18 podemos observar o gráfico de comparação dos tempos de corte, que comprovam as informações acima.

Figura 18 - Gráfico de tempo de corte das máquinas



Fonte: Autor (2023).

Mesmo com o elevado valor de investimento, e maior custo por hora máquina, o custo anual seria 52,3% menor que o da máquina atual. Podemos observar isso na Figura 19.

Figura 19 - Planilha de comparativo do custo anual

	Material (mm)	Quant. peças	%	Horas necessárias	Custo hora maquina	Custo ano
Máquina atual 3200w	carbono 0,8 até 3,75	836644	54%	16204,48	R\$ 220,00	R\$ 3.564.985,60
	carbono 4 até 9	588406,8	38%			
	carbono 12,5 até 19	103563,2	7%			
	Aço inox até 4	10756	1%			
	Total=	1539370				

	Material (mm)	Quant. peças	%	Horas necessárias	Custo hora maquina	Custo ano
Máquina 12000w	carbono 0,8 até 3,75	836644	54%	4140,68	R\$ 450,66	R\$ 1.866.038,85
	carbono 4 até 9	588406,8	38%			
	carbono 12,5 até 19	103563,2	7%			
	Aço inox até 4	10756	1%			
	Total=	1539370				

Fonte: Autor (2023).

No quesito mão de obra, com a automatização do processo de alimentação por stopa e elevador e maior velocidade no corte, a necessidade de horas-homem diminui devido a dispensabilidade de alguém para fazer a movimentação da matéria prima do estoque até a área de carga da máquina. Desse modo, a empresa pode fazer um balanceamento de produção realocando essas pessoas.

Com a máquina atual seria necessário a aquisição de mais 6 máquinas do mesmo modelo para atender a demanda, sem a necessidade de terceirização, o que aumentaria a necessidade de mão de obra e espaço disponível dentro da empresa.

Na Figura 20 observamos a quantidade de máquinas necessárias para atender a demanda.

Figura 20 - Quantidade de máquinas

Quantidade de máquinas atual	6,3
Horas trabalhadas diárias	9,2
Dias trabalhados anuais	280
Quantidade de máquinas 10kw	1,9
Horas trabalhadas diárias	9,2
Dias trabalhados anuais	280
Quantidade de máquinas 12kw	1,07
Horas trabalhadas diárias	9,2
Dias trabalhados anuais	280

Fonte: Autor (2023).

No que diz respeito à logística, muitas horas de corte acabavam tendo que ser terceirizadas e isso só tenderia a aumentar com a aquisição da nova empresa, assimfazendo uma horizontalização da sua manufatura, o que acabava seguindo um fluxo contrário, pois a matéria-prima era adquirida e enviada para a empresa terceira através de uma nota de beneficiamento.

4.4 Análise de 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 que definimos 15%, onde 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 1.

Tabela 1 - Relação de Dados de Investimento

Investimento	R\$	5.168.003,12
Tempo de retorno		10 anos
TMA		15%
Ganhos Anuais	R\$	1.698.946,75

Fonte: Autor (2023).

A fim de iniciar os cálculos, foi estabelecido o fluxo de caixa para o período estimado, o qual pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2 - Fluxo de caixa

Ano	Fluxo de Caixa	
0	-R\$	5.168.003,12
1	R\$	1.698.946,75
2	R\$	1.698.946,75
3	R\$	1.698.946,75
4	R\$	1.698.946,75
5	R\$	1.698.946,75
6	R\$	1.698.946,75
7	R\$	1.698.946,75
8	R\$	1.698.946,75
9	R\$	1.698.946,75
10	R\$	1.698.946,75

Fonte: Autor (2023).

Realizando a análise do fluxo de caixa, foi possível calcular o Valor Presente Líquido correspondente ao período estimado, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Valor Presente Líquido

Ano	Valor Presente (VP)	
0	-R\$	5.168.003,12
1	R\$	1.477.345,00
2	R\$	1.284.647,83
3	R\$	1.117.085,07
4	R\$	971.378,32
5	R\$	844.676,80
6	R\$	734.501,56
7	R\$	638.697,01
8	R\$	555.388,71
9	R\$	482.946,70
10	R\$	419.953,65

Fonte: Autor (2023).

Por último, foi efetuado o cálculo do Valor Presente Acumulado até o final do período, o qual está demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Valor Presente Acumulado

Valor Presente Acumulado	
-R\$	5.168.003,12
-R\$	3.690.658,11
-R\$	2.406.010,29
-R\$	1.288.925,22
-R\$	317.546,90
R\$	527.129,90
R\$	1.261.631,46
R\$	1.900.328,47
R\$	2.455.717,18
R\$	2.938.663,88
R\$	3.358.617,54

Fonte: Autor (2023).

4.5 Análise dos resultados

A análise de viabilidade possibilitou a realização dos cálculos dos métodos de VPL, TIR, *Payback* Simples e *Payback* utilizando a ferramenta Excel. Na Tabela 5 pode ser observado o resultado final dos cálculos

Tabela 5 - VPL, TIR, *Payback* simples e descontado.

Método	Resultado
VPL	R\$ 3.358.617,54
TIR	30,6%
<i>Payback</i> simples	3,04 anos
<i>Payback</i> descontado	4,37 anos

Fonte: Autor (2023).

O Valor Presente Líquido (VPL), com base nos dados apresentados, foi possível verificar um valor positivo de R \$3.358.617,54 ao final do período de 10 anos. Desse modo, o valor do fluxo de caixa líquido ao final do período se mostra altamente lucrativo.

Com base na análise da Taxa Interna de Retorno (TIR), é possível afirmar que o projeto é rentável em relação à TMA definida de 15% a.a., uma vez que a TIR resultou em 30,6%. Isso significa que o projeto apresenta uma remuneração anual sobre o capital investido superior a 30% ao ano.

Quanto ao *Payback*, no método simples totalizou 3,04 anos. Já no método descontado, aponta um retorno de investimento de 4,37 anos.

4.6 Vantagens e desvantagens do investimento

4.6.1 Vantagens de uma máquina de corte a laser

Com base na premissa de analisar a viabilidade econômica da aquisição de uma nova máquina de corte a laser, chegamos à conclusão de que o investimento é viável dentro das condições apresentadas, considerando os dados tratados simultaneamente.

Além de ser viável economicamente, podemos citar outros benefícios, como por exemplo a diminuição da dependência de uma empresa terceirizada, que muitas vezes não oferece a mesma qualidade de acabamento que as peças produzidas internas, gerando retrabalho.

Podemos citar também os ganhos com logística, não será mais necessário o deslocamento de chapas entre a empresa prestadora de serviço e a empresa em estudo, assim, não será mais necessário a alocação de um colaborador para essa função. Podemos citar também a melhoria do fluxo do material do setor de corte para os demais e adispensabilidade de alimentação manual de chapas para serem cortadas.

Por fim, podemos destacar a padronização, com o processo automatizado tudo é regulado e armazenado em banco de dados e a precisão faz com que haja menos desperdício de matéria prima. Como resultado tem uma diminuição das despesas, tornando a empresa mais competitiva frente ao mercado.

4.6.2 Desvantagens de uma máquina de corte a laser

Como desvantagem do projeto, podemos destacar o preço elevado do equipamento, pois o valor chega a mais de cinco milhões de reais. Além do mais, para manusear esse tipo de equipamento é necessário ter programadores e operadores treinados. Pois, como é o caso deste projeto o operador precisa programar os planos e corte e fazer o *setup* dos dispositivos.

Será preciso investir tanto tempo quanto dinheiro na capacitação técnica dos operadores e programadores, assim como treinar técnicos de manutenção para realizar tanto manutenções preventivas quanto corretivas.

Haverá um aumento nas despesas com insumos, visto que o equipamento requer o uso de gás para auxiliar no processo de corte. Além disso, será observado um aumento significativo no consumo de energia elétrica e uma necessidade de substituição de componentes, tais como espelhos, bico de corte e anel cerâmico, após determinadas horas de uso.

5 CONCLUSÃO

Com o objetivo de reduzir custos, otimização de processo e lucratividade, o ramo agrícola está em constante evolução, assim, estimulando as empresas a investir cada vez mais em tecnologias e processos automatizados para atender a demanda no prazo com produtos de qualidade, dessa maneira se mantendo competitiva frente ao mercado.

Desse modo, foi realizado um estudo para promover a implementação de uma nova máquina a laser para suprir demandas devido ao crescimento da empresa e a aquisição de uma empresa de implementos agrícolas concorrente.

5.1 Conclusões do Trabalho

Primeiramente foi avaliado o espaço disponível, que foi validado através de simulações no software autocad, e a real necessidade de aquisição, observando as justificativas para o investimento que eram o aumento de demanda devido a aquisição de outra empresa com novos produtos o que causaria gargalos nos processos de cortes. Além do mais, a empresa busca adentrar cada vez mais na indústria 4.0, automatizando os processos evitando falhas, retrabalhos e produzindo mais.

Para avaliar a viabilidade econômico-financeira de um investimento, é fundamental projetar alguns resultados que são determinantes para sua realização. Através desses resultados, é possível obter informações importantes, como projeções de lucro, viabilidade operacional, remuneração de capital e tempo de retorno. Além disso, para realizar uma análise precisa, foi necessário realizar uma pesquisa detalhada sobre a situação atual do mercado no setor em questão e revisar a literatura relevante para identificar os métodos mais eficazes de análise de investimento. Esses métodos foram aplicados e os resultados obtidos foram satisfatórios.

Os resultados obtidos indicam que o projeto de investimento é viável e atende às expectativas da empresa. Através das técnicas de análise de viabilidade, verificou-se que o projeto apresenta um valor presente líquido de R\$ 3.358.617,54, uma taxa interna de retorno de 30,6%, um *payback* simples de 3,04 anos e um *payback* descontado de 4,37 anos.

Conclui-se que por meio da análise de viabilidade econômica o investimento planejado fica mais seguro. Pois, quando um gestor decide investir sem que haja um estudo

prévio, não saberá se o investimento tem viabilidade aceitável sem prejudicar a estabilidade da organização.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Sugere-se como próximo estudo uma análise do mercado futuro, para saber quantas máquinas serão necessárias para suprir as novas demandas e uma análise mais profunda relacionada à automatização do sistema e coleta de dados pelo *software* da máquina. Junto a isso, poderia ser realizado um estudo sobre a otimização de espaço de estoque de chapas planas, analisando quantos sistemas de armazenagem serão necessários.

REFERÊNCIAS

AGRO BAYER BRASIL. **Tecnologia na agricultura: como implementar a inovação digital?. Disponível em:** <

<https://www.agro.bayer.com.br/mundo-agro/agropedia/impulso-news-tecnologia-na-agricultura> > .

Acesso em 16 de out. 2022.

AMOROS, Roberto Torres. **Avaliação de Tensões Residuais em Chapas Planas de aço carbono, destinadas a processos de corte a laser, pelo método da anisotropia planar.** Curitiba, 2008. Disponível em:

<https://lactec.org.br/dissertacoes/26-avaliacao-de-tensoes-residuais-em-chapas-planas-de-a-co-carbono-destinadas-a-processos-de-corte-a-laser-pelo-metodo-da-anisotropia-planar-2/>.

Acesso em 25 agosto 2022.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino D. **A Decisão de Investir - Métodos e Modelos para Avaliação Econômica.** São Paulo: Grupo GEN, 2012. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2190-4/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

BALIAN, José Eduardo A.; BROM, Luiz G. **ANÁLISE DE INVESTIMENTOS E CAPITAL DE GIRO** - 2ª Edição. São Paulo: Editora Saraiva, 2007. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502088505/>. Acesso em: 03 nov. 2022.

BRUNI, Adriano L. **Série Desvendando as Finanças - As Decisões de Investimentos.** São Paulo: Grupo GEN, 2017. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597012910/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

CAMARGOS, Marcos Antônio D. **Matemática financeira - Aplicada a produtos financeiros e à análise de investimentos.** São Paulo: Editora Saraiva, 2017. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502207615/>. Acesso em: 25 set. 2022.

CANAL RURAL. **Vendas de máquinas agrícolas sobem 37,5% em junho, aponta Fenabreve,** 2022. Disponível em:

<https://www.canalrural.com.br/noticias/economia/vendas-de-maquinas-agricolas-sobem-375-em-junho-aponta-fenabreve/> > acesso em 16 de out. 2022.

CNN. **Exportação do agro alcança, Us\$ 10,5 bilhões em fevereiro de 2022,** 2022.

Disponível em: <

<https://cnabrazil.org.br/noticias/exportacoes-do-agro-alcancam-us-10-5-bilhoes-em-fevereiro-de-2022> . Acesso em 16 de out. 2022.

CORTE E CONFORMAÇÃO DE METAIS. **Consumíveis para máquinas a laser**, 2022. Disponível em: <https://www.arandanet.com.br/revista/ccm/guia/12-Consumiveis-para-maquinas-a-laser> . Acesso em 30 de nov. 2022.

CRESWELL, John W.; CLARK, Vicki L P. **Pesquisa de métodos mistos. (Métodos de pesquisa)**. Porto Alegre: Grupo A, 2013. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788565848411/>. Acesso em: 18 out. 2022.

DA SILVA, Fabiane Padilha; ALVES, Aline. **Análise de investimento e fontes de financiamento**. Porto Alegre: Grupo A, 2018. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595025394/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

DIAS, Matheus Borges. **Proposta de desenvolvimento de uma máquina de corte a laser para facilitar a prototipagem**. 2015. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenheiro Mecânico, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

EMBRAPA. **Trajatória da agricultura brasileira**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em 16 de out. 2022.

FARO, T, M. **Estudo e otimização do corte laser de alta velocidade em chapas metálicas fina**. 2006. Dissertação (mestrado) – Curso de Engenharia mecânica, faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

FILHO, Nelson C. **Análise de Investimentos - Manual Para Solução de Problemas e Tomadas de Decisão**. 12. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597023299/>. Acesso em: 25 set. 2022.

FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO. **Processos de fabricação**, v. 4: mecânica. São Paulo: Globo, 1997. 160 p.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GOLLMANN, Paulo Fernando. **Aplicação do processo de corte a laser com ênfase no fornecimento de peças livres de óxidos**. Horizontina, Trabalho de Conclusão de Curso-FAHOR, 2010.

GUTJAHR, J. **Desenvolvimento e implementação de um sistema CNC, modular e reconfigurável, para processos laser**, 2016. Dissertação (mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

HASTINGS, David F. **ANÁLISE FINANCEIRA DE PROJETOS DE INVESTIMENTO DE CAPITAL**. São Paulo: Editora Saraiva, 2013. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502205505/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

INDUSTRIAHOJE. **O processo de corte a Laser.** 2013. Disponível em: <https://industria hoje.com.br/o-processo-de-corte-a-laser>. Acesso em: 07 novembro de 2022.

IPEA. **Produtividade na agricultura brasileira cresceu 400% entre 1975 e 2020.**2022 Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=39310>. Acesso em: 16 out. 2022.

JOAQUIM, R.; RAMALHO, J. **Soldagem laser.** Apostila Técnica, 2010.

IZIDORO, Cleber et al. **Sistema para detecção de chammas em máquinas de corte a laser.** *Revista vincci*, periódico Científico da Faculdade SATC, v.1, n. 1, p. 150-171, jan./jul., 2016.

LGV (São Paulo). **Corte a Laser.** 2010. Elaborado por: LGV Corte Laser Metais Indústria e Comercio Ltda. Disponível em: . Acesso em: 11 de novembro de 2022.

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

MARTINS, Geomar Machado. **Princípios de Automação Industrial.** 2012. Disponível em: <https://xdocs.com.br/doc/35446introducao-a-automacao-industrial-vod72v9d26o6>. Acesso 25 em agosto 2022.

MIYAMOTO, I., MARUO, H., **Mechanism of laser cutting, Welding in the World, Le Soudage Dans Le Monde**, v.29, n.9-10, 1991, p.283-294.

OLIVEIRA, Nina Cervilha. **Adaptação de robô cartesiano para máquina de corte a laser.** 2020. TCC(Graduação) – Curso de Engenharia Mecatrônica, universidade Federalde Uberlândia, Uberlândia, 2020.

PEREIRA, José Matias. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica.** São Paulo: Grupo GEN, 2016. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597008821/>. Acesso em: 18 out. 2022.

PEREIRA, José Matias. **Manual de metodologia da pesquisa científica.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2019. 187 p.

SAMPIERI, Roberto H.; COLLADO, Carlos F.; LUCIO, María del Pilar B. **Metodologia de Pesquisa.** Porto Alegre: Grupo A, 2013. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788565848367/>. Acesso em: 18 out. 2022.

SCHROEDER, Jocimari Tres et al. **O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimentos.** *Revista Gestão Industrial*, v. 01,n. 02 : pp. 033-042, 2005.

SILVA, H. G. **estudos preliminares sobre a aplicação de lasers de alta potência na perfuração de revestimento de poços**, 2014. Dissertação (Mestrado) – Curso de engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SOUZA, Alceu. **DECISÕES FINANCEIRAS E ANÁLISE DE INVESTIMENTOS: Fundamentos, Técnicas e Aplicações**. São Paulo: Grupo GEN, 2008. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597023466/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

TELECURSO 2000. **Processos de Fabricação - 62 Corte com laser**. YouTube, 9 de julho de 2001. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=MpWbRFScYcc&ab_channel=Solu%C3%A7%C3%B5esBmalbert. Acessado em: 07 de novembro de 2022.

TRUMPF. **Corte a laser**. Disponível em: https://www.trumpf.com/pt_BR/solucoes/aplicacoes/corte-a-laser/. Acesso em: 6 de nov. 2022.

URTADO, Edson; LIMA, Erasmo e BAINO, Fernando. **Comparativo entre a produtividade e custo operacional dos processos térmicos oxicorte, plasma e laser, para cortar o material aço carbono entre as espessuras de 6 a 25 mm**. São Paulo, 2008. Disponível em: <https://infosolda.com.br/wp-content/uploads/Downloads/Artigos/corte/comparativo-entre-a-produtividade-e-custo.pdf>. Acesso em 25 agosto 2022.

VILAS, José Pedro Maia Junqueiro. **Otimização de Parâmetros em Soldadura Laser Quantal SA**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013.

ZOT, Wili D.; CASTRO, Manuela Longoni D. **Matemática financeira**. Porto Alegre: Grupo A, 2015. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582603338/>. Acesso em: 02 nov. 2022.