

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**

**FABIANO IN SUE SU YAN CHIEN**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A AQUISIÇÃO DE  
UM CENTRO DE USINAGEM VISANDO O PROCESSO DE  
INTERNALIZAÇÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LONDRINA**

**2021**

**FABIANO IN SUE SU YAN CHIEN**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A AQUISIÇÃO DE  
UM CENTRO DE USINAGEM VISANDO O PROCESSO DE  
INTERNALIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Janaina Fracaro de Souza Gonçalves

**LONDRINA**

**2021**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Londrina  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional -  
DIRGRAD  
Coordenação de Engenharia Mecânica - COEME  
Engenharia Mecânica



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A AQUISIÇÃO DE UM  
CENTRO DE USINAGEM VISANDO O PROCESSO DE INTERNALIZAÇÃO

Por

FABIANO IN SUE SU YAN CHIEN

Este(a) Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 02 de dezembro de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Janaina Fracaro de Souza Gonçalves

Prof.(a) Orientador(a)

---

Ricardo de Vasconcelos Salvo

Membro titular

---

Roger Nabeyama Michels

Membro titular

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente eu gostaria de agradecer a Deus por sempre me abençoar e proporcionar uma vida de grandes aprendizados.

Em seguida, agradeço aos meus avós e familiares pois não seria possível caso não os tivesse ao meu lado para me incentivar e proporcionar condições para o meu aprendizado.

Meu agradecimento a todos os Mestres e Professores, por estarem sempre me direcionando ao caminho correto e me ajudarem nos momentos em que eu me encontrava com dificuldades.

Minha gratidão aos amigos e conhecidos, pois de forma direta ou indireta eles me apoiaram e ajudaram a superar momentos os difíceis.

Por fim, mas não menos importante, um agradecimento especial à minha orientadora Professora Janaina.

Tenho muita sorte por todos fazerem parte da minha vida, caso contrário nada disso poderia ter sido possível. Muito obrigado!

## RESUMO

CHIEN, Fabiano In Sue Su Yan. **Estudo de viabilidade econômica para a aquisição de um centro de usinagem visando o processo de internalização**. 2021. 48 folhas Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2021.

Para uma empresa montadora de maquinário agrícola a diferenciação é a chave para a sua competitividade no mercado. Dessa forma, por conta das restrições causadas pelo novo Coronavírus, as empresas terceirizadas impuseram sucessivos aumentos nos custos e lead time na produção de peças usinadas, fazendo com que a chave para o sucesso da montadora seja comprometida. Nesse sentido, a solução encontrada para esse revés é a internalização da produção dessas peças com a aquisição de um centro de usinagem. Para tal, faz-se necessário levantar os requisitos mínimos da máquina ferramenta, levantar a quantidade e *spend* anual, utilizar indicadores como TMA, *Payback*, VPL e TIR para analisar a viabilidade da compra do equipamento.

**Palavras-chave:** Peças usinadas. Payback. VPL. TIR.

## ABSTRACT

CHIEN, Fabiano In Sue Su Yan. **Economic feasibility study for the acquisition of a machining center aimed at the internalization process**. 2021. 48 pages Work of Conclusion of Course of Bachelor's degree in Mechanical Engineering - Federal University of Technology – Parana. Londrina, 2021.

For a company that assembles agricultural machinery, differentiation is the key to its competitiveness in the market. Thus, due to the restrictions caused by the new Coronavirus, the outsourced companies imposed successive increases in costs and lead time in the production of machined parts, compromising the key to the assembler's success. In this sense, the solution found for this setback is the internalization of the production of these parts with the acquisition of a machining center. To do so, it is necessary to raise the minimum requirements of the machine tool, raise the amount and annual spend, use indicators such as TMA, Payback, VPL and TIR to analyze the feasibility of purchasing the equipment.

**Keywords:** Machined parts. Payback. VPL. TIR.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 - Sequenciamento para a produção de peças utilizando centro de usinagem .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2 - Fluxograma do estudo .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 3 - Resultado acumulado .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 4 - Valor Presente Líquido (VPL).....</b>	<b>43</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Vida útil e taxa de depreciação .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabela 2 - Custo médio do m2 em Galpão Industrial (GI) .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 3 - tarifa média por kWh por região .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 4 - Dados das peças terceirizadas .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabela 5 - Requisitos mínimos da máquina ferramenta .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabela 6 - Comparativo entre investimentos.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabela 7 - Tempo de usinagem .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabela 8 - Tempo disponível.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabela 9 - Custo da matéria prima (MP) .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 10 - Custo dos consumíveis.....</b>	<b>39</b>
<b>Tabela 11 - Custo de manutenção .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabela 12 - Salário máquina.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabela 13 - Redução de custo anual.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabela 14 - Resultado financeiro.....</b>	<b>41</b>
<b>Tabela 15 - Valor Presente Líquido (VPL) .....</b>	<b>42</b>



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

XX	Número romano, 20
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
USD	Moeda norte americana, Dólar
PO	<i>Purchase order</i>
SPEND	Valor total gasto anual
Aprox.	Aproximado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 OBJETIVO GERAL .....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
1.3 JUSTIFICATIVA.....	13
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
2.1 MÁQUINAS DE FABRICAÇÃO MECÂNICA.....	15
2.2 MÁQUINAS DE COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO.....	16
2.3 SERVIÇOS DE TERCEIRIZAÇÃO .....	17
2.4 COTAÇÕES .....	17
2.5 ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INVESTIMENTO .....	18
2.5.1 CUSTO FIXO .....	19
2.5.2 CUSTO VARIÁVEL .....	20
2.5.3 CUSTO DE OPORTUNIDADE .....	20
2.5.4 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA).....	21
2.5.5 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL).....	22
2.5.6 TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR) .....	23
2.5.7 PERÍODO DE RECUPERAÇÃO DO INVESTIMENTO (PAYBACK).....	24
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
3.1 TEMPO DE DISPONÍVEL OPERAÇÃO.....	26
3.2 SALÁRIO MÁQUINA.....	27
3.2.1 DEPRECIAÇÃO DA MÁQUINA.....	28
3.2.2 CUSTO DA ÁREA OCUPADA .....	29
3.2.3 TARIFA ENERGIA ELÉTRICA .....	30
3.2.4 CUSTO DE MATÉRIA PRIMA.....	30
3.2.5 CUSTO DOS CONSUMÍVEIS .....	31
3.2.6 CUSTO DE MANUTENÇÃO.....	31
3.2.7 SALÁRIO DO OPERADOR .....	32
3.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	32
<b>4 ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>33</b>
4.1 CONTEXTO NACIONAL.....	33
4.2 CONTEXTO INDUSTRIAL.....	33
4.3 ANÁLISE DE DADOS .....	34
4.3.1 TEMPO DISPONÍVEL OPERAÇÃO.....	37
4.3.2 DEPRECIAÇÃO DA MÁQUINA.....	37
4.3.3 CUSTO DA ÁREA OCUPADA .....	37
4.3.4 TARIFA ENERGIA ELÉTRICA .....	38
4.3.5 CUSTO DE MATÉRIA PRIMA.....	38
4.3.6 CUSTO DOS CONSUMÍVEIS .....	38

4.3.7 CUSTO DE MANUTENÇÃO.....	39
4.3.8 SALÁRIO DO OPERADOR .....	39
4.3.9 SALÁRIO MÁQUINA.....	39
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	40
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO EQUIPAMENTO COTADO.....</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a existência do Homem, sempre houve a necessidade de modificar os materiais encontrados na natureza para tornar possível uma vivência facilitada. Ações como construção, transformação e lapidação dos materiais disponíveis no ambiente para tornar mais facilitada a sobrevivência frente às condições impostas pelo nosso planeta.

Diante disso, cabe ressaltar a importância do processo de usinagem dos materiais. Desde a criação de ferramentas de caça nos tempos primordiais até a produção de materiais com geometrias complexas nos dias atuais o processamento de materiais por meio da usinagem vem desempenhando um papel de grande importância no dia-dia do Homem. Segundo TRENT (1984), a usinagem é o processo de fabricação mais popular do mundo e estima-se que ela representa 10% de toda a produção de materiais no mundo todo.

O século XX trouxe consigo inúmeras inovações e desenvolvimentos tecnológicos. Nesse cenário, vale destacar o surgimento do primeiro equipamento de comando numérico computadorizado para ampliar a capacidade produtiva e aumentar a precisão das superfícies trabalhadas. Em tempos hodiernos essa tecnologia foi aprimorada, possibilitando interligar o equipamento de comando numérico a Softwares, tornando-se possível simular, analisar e buscar as correções necessárias para otimizar o processo de usinagem.

A chave para realizar o processo de usinagem das peças por comando numérico é a utilização de softwares CAD/CAM. Nesse sentido, por meio do software CAD é possível visualizar o perfil final do seu projeto, além disso possibilita realizar as alterações que julgar pertinentes. Em seguida, com a utilização do software CAM pode-se estabelecer as etapas de usinagem, analisar se os parâmetros definidos estão adequados, verificar as possíveis melhorias a serem implementadas até atingir a sua geometria final. Feito isso, é possível configurar o centro de usinagem com as especificações obtidas a partir da simulação. Diante disso, pode-se concluir que em todo o processo, exige-se de o usuário possuir domínio teórico, prático e tecnológico para que consiga obter uma peça, de forma eficiente, com as especificações corretas, mínimo de desperdício de material e tempo de operação.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo é analisar a viabilidade econômica para a aquisição de um centro de usinagem visando o processo de internalização de três componentes usinados.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Realizar a revisão bibliográfica acerca da disciplina de engenharia econômica, mais especificamente a análise de investimentos;
- Realizar contato e cotações com os principais fornecedores deste segmento;
- Levantar de custos diretos e indiretos;
- Tratar os dados e analisar dos principais indicadores econômicos.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A integração vertical defende a união dos processos de produção, distribuição e venda dentro das organizações. Esta alternativa visa facilitar o controle das operações diminuindo os riscos envolvidos. Seu principal atrativo para os empresários é a expectativa de redução dos custos de produção (PORTER, 2004).

Em primeiro lugar, a internalização da produção de peças usinadas é um viés promissor para verticalizar a produção. Além disso, esse processo torna-se mais atraente devido aos sucessivos reajustes aplicados pelo fornecedor e atraso nas entregas.

Em segundo plano, no ramo industrial depara-se com diversas peças que demandam as operações de usinagem. No entanto, por conta de diversos fatores as suas necessidades se modificam e os equipamentos disponíveis muitas vezes não se encontram mais adequados para o uso. Na ideologia da indústria 4.0, as grandes companhias necessitam adaptar-se ao novo cenário fabril, onde surgem novas possibilidades de otimização e redução de desperdícios em toda cadeia produtiva. Por

esse motivo, a aquisição de um centro de usinagem torna-se de suma importância para que a empresa possa se preparar para as demandas futuras.

Para a análise completa avalia-se os parâmetros da máquina, custos, capacidade de operação, o tempo de retorno do investimento e porcentagem real de retorno. A partir disso, torna-se possível analisar o cenário e verificar se o investimento traz retornos positivos, conseqüentemente aumentando o lucro da empresa.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção aborda as máquinas ferramenta e na sequência serão abordados os temas da Engenharia Econômica e análise de investimentos.

### 2.1 MÁQUINAS DE FABRICAÇÃO MECÂNICA

De acordo com LYRA (2010), o propósito de uma máquina ferramenta é a fabricação de peças com diversas geometrias por meio de movimentos mecânicos de ferramentas cortantes, ou seja, utilização de ferramentas com geometria e dureza capaz de retirar uma parcela de materiais como aço, alumínio, plásticos, entre outros.

Nesse contexto, as máquinas de fabricação mecânicas surgiram com o intuito de produzir peças ou utensílios para facilitar as atividades diárias do Homem. No passado, alguns instrumentos eram produzidos de forma braçal ou com a utilização de ferramentas simples. Aos poucos e com o passar dos anos, surgiram as máquinas e as melhorias no processo de fabricação para facilitar, agilizar e produzir peças com geometrias difíceis.

Hoje em dia, pode-se encontrar diversas máquinas operatrizes, cada uma delas possuindo as suas particularidades e especificidades. No entanto, destaca-se um grupo específico de máquina que está presente até hoje nas indústrias, laboratórios mecânicos e em diversos outros setores, o torno.

Essa foi uma das primeiras e mais importantes máquinas-ferramenta, porque dela derivaram todas as máquinas operatrizes que existem atualmente. Ela se caracteriza por dois movimentos: a rotação da peça e o avanço da ferramenta. O torno primitivo era um instrumento rudimentar composto de dois suportes de madeira fincados no chão. Enquanto o torneiro apoiava a ferramenta em um outro suporte, seu ajudante fazia girar a peça puxando alternadamente as duas pontas de uma corda enrolada em um eixo. O torneamento era intermitente e o corte só acontecia quando o giro se fazia na direção do fio da ferramenta. (ALMEIDA et al; 2009)

## 2.2 MÁQUINAS DE COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO

Para SEAMES (2001), o CNC é uma tecnologia que utiliza interfaces computadorizadas para o controle das máquinas. O surgimento desse equipamento foi em 1947 na *Parsons Corporation* a partir da adaptação de uma máquina de usinagem convencional para ser controlada numericamente por um computador que lia as informações de controle em um cartão perfurado.

Desde então, as máquinas de Comando Numérico Computadorizado popularizaram-se e aperfeiçoaram-se, hoje em dia estão presentes em diversas processos e etapas de fabricação das indústrias.

Segundo Polastrini (2016), o sequenciamento da produção em um CNC inicia-se com o desenho da peça em um programa CAD e, em seguida, utiliza-se de um *software* CAM para criar o arquivo *G-code*. Por fim, as instruções contidas no *G-code* são enviadas ao CNC para que a usinagem do material ocorra.

Os centros de usinagem seguem o mesmo princípio de funcionamento evidenciado pelo Polastrini. Essas máquinas, no entanto, são mais robustas e sofisticadas por possuírem um sistema que engloba um conjunto de ações de usinagem. Nesse sentido, os centros de usinagem produzem peças com maior precisão, acabamento superficial, produção seriada e otimizada, capacidade de realizar todo o processo de usinagem em uma mesma máquina e conseqüentemente reduzir o tempo de produção.

A Figura (1) expõe o caminho adequado para a produção de um componente por meio de centros de usinagem.

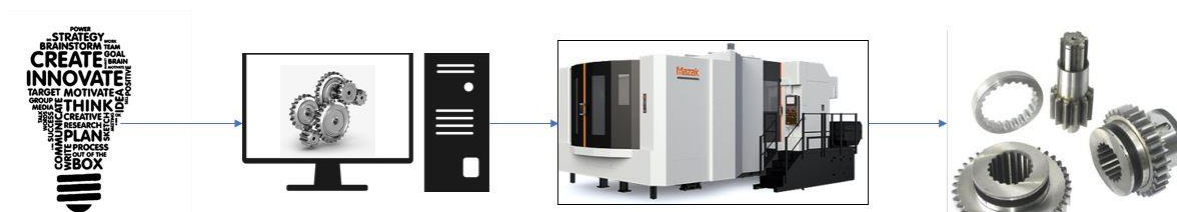


Figura 1 - Sequenciamento para a produção de peças utilizando centro de usinagem

Fonte: Do autor



Toda essa tecnologia, no entanto, requer um investimento inicial elevado e, à longo prazo, exige um custo financeiro para a sua manutenção. Diante disso, com o intuito de avaliar a viabilidade econômica para a internalização da produção de peças usinadas, deve-se mensurar o impacto de diversos parâmetros como, por exemplo o tempo total de produção, custo de mão de obra, custo da máquina ferramenta e custo do ferramental.

### 2.3 SERVIÇOS DE TERCEIRIZAÇÃO

O aumento da competitividade empresarial em uma sociedade globalizada possui como uma das chaves para o sucesso ampliar a sua capacidade produtiva. Segundo Oliveira (2009), a terceirização dos serviços teve o seu início no ano de 1940 com o objetivo de as empresas tornarem-se mais competitivas e se manterem ativas frente à um aumento crescente de empresas concorrentes. O autor ainda ressalta que a terceirização possui dois objetivos principais: O primeiro refere-se à incapacidade da própria empresa de realizar esse trabalho. Já o segundo, no polo oposto, a terceirização é utilizada como uma importante ferramenta para realizar os processos secundários para que seja possível focar no seu empreendimento principal.

Nesse sentido, percebe-se que a atividade industrial brasileira se utiliza massivamente desta ferramenta. De acordo com a Portal da Indústria (2016), cerca de 63,1% das empresas possuem algum tipo de serviço terceirizado.

No entanto, a terceirização dos serviços também possui os seus riscos. Primeiramente, a empresa contratante fica a mercê da empresa terceirizada no quesito plano e prioridade de fabricação. Além disso, contratar empresas terceiras para a fabricação de peças importantes faz com que seja dificultada a negociação de preços.

Por conta dos motivos citados anteriormente, faz-se necessário a empresa contratante avaliar a viabilidade de terceirizar ou internalizar a fabricação das peças.

### 2.4 COTAÇÕES

Compreender a função e utilidade do equipamento é a chave para se realizar as cotações de forma correta. Partindo dessa premissa, faz-se necessário o comprador alinhar juntamente ao requisitante as necessidades ou as especificações

mínimas e desejáveis do equipamento a ser adquirido. Em seguida, o comprador realizará a busca pelas principais fabricantes ou distribuições do segmento para solicitar o orçamento do equipamento.

## 2.5 ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INVESTIMENTO

A tomada de decisão para realizar um investimento não é uma tarefa simples. Deve ser levado em conta inúmeros e importantes fatores que estão diretamente relacionados no projeto. Além disso, possuem alguns elementos que não estão relacionados diretamente com o projeto e que são levados em conta também no momento de tomada de decisão. As análises devem ser feitas de maneira minuciosa e criteriosa, pois nas suas ausências o projeto poderá ser comprometido.

Em se tratando de investimento é inevitável pensar no retorno que esse esforço financeiro trará. De acordo com LORENZET (2013), quanto maior o retorno esperado para um determinado investimento, maior será a atratividade para o investidor realizar esse esforço financeiro.

Diante disso, pode-se perceber que o principal fator para que se ocorra um investimento é o retorno financeiro e, conseqüentemente, o aumento da riqueza do investidor. Nesse cenário, não se deve menosprezar a análise e decisão do investidor como sendo um simples julgamento. Nos dias atuais, existem inúmeras técnicas e indicadores que devem ser utilizados para que a escolha pelo investimento seja assertiva.

Essas decisões devem se referir à situação financeira e econômica, desempenho e eficiência de recursos, adequação das fontes às aplicações de recursos e avaliação de alternativas econômico-financeiras futuras, buscando, por conseguinte, redução de custos e um padrão de desempenho que permita maximizar sua lucratividade e sua participação no mercado em que atua. (REBELATTO, 2004, p. 142).

Vale ressaltar que os índices e taxas adotadas para realizar a análise possuem como base os pressupostos do investidor. Em outras palavras, algumas premissas são adotadas a partir do que o investidor considera como coerente e atraente para o seu negócio, sendo assim, por tratar-se de subjetividade humana, alguns índices

estabelecidos podem ser incoerentes com a realidade do mercado ocasionando equívoco na geração dos indicadores, resultando em uma decisão equivocada.

### 2.5.1 CUSTO FIXO

Na perspectiva de Damasceno (2018), o custo fixo é o custo, constante ao longo dos períodos, que a empresa deve arcar. O autor ressalta que para essa classificação não deverá ser levado em consideração a quantidade produzida, ou seja, um custo independente. Cabe ressaltar que esses custos podem variar ao longo do tempo por inúmeros fatores, a terminologia “Fixo” representa apenas que esses valores independem da quantidade a ser produzida.

São custos que não variam com a variabilidade da atividade escolhida. Isto é, o valor total dos custos permanece praticamente igual mesmo que a base de volume selecionada como referencial varie (Leone, 2000, p. 55)

Segundo Santos (1995), os custos fixos apresentam sob forma de degraus, em outras palavras, apresentam valores constantes em uma determinada parcela de intervalo, nível de volume, e que a partir de um determinado momento esse nível deverá ser submetido à um superior, até atingir novamente a sua saturação.

Assim sendo, pode-se perceber que, apesar da nomenclatura, os custos fixos possuem limite de produção. Esse limite, ao ser atingido, deverá ser substituído por algo que atenda às necessidades atuais. Sob essa ótica, percebe-se que o custo fixo poderá sofrer acréscimos ao longo do tempo, portanto não é eternamente fixo.

Para reforçar a premissa acima, podemos citar a mão de obra. A demanda poderá sofrer acréscimos, dentro de um limite determinado o trabalhador conseguirá atender essa demanda sem acréscimo em seu salário. No entanto, caso o aumento de exceda as suas limitações produtivas o empregador deverá contratar um outro funcionário. Portanto, o custo fixo é acrescido devido à superação de um patamar produtivo.

### 2.5.2 CUSTO VARIÁVEL

Custos variáveis possuem essa nomenclatura pelo motivo de sua variação estar diretamente relacionada com a quantidade produzida. Segundo Padoveze (2009), são chamados de custos variáveis os custos e despesas cuja variação do montante financeiro esteja diretamente relacionado ao nível de atividade e quantidade produzida. Por um lado, se a quantidade aumentar, o custo aumentará na mesma proporção; por outro, se a quantidade diminuir, o custo também diminuirá na mesma proporção.

Custo variável é aquele cujo total varia na razão direta das alterações do nível de atividade, que pode ser expressa de muitas maneiras, como, por exemplo, unidades produtivas, unidades vendidas, quilometragem percorrida, leitos ocupados, linhas de impressão, horas trabalhadas e assim por diante. (Leone, 2000, p. 55)

Portanto, os autores citados concluem que o custo variável está diretamente relacionado com a quantidade de produção e varia proporcionalmente a esta. Dependendo do aumento ou redução da produção o custo sofrerá variação na mesma proporção.

### 2.5.3 CUSTO DE OPORTUNIDADE

De acordo com o Wernke (2000), o custo de oportunidade deve ser levado em consideração por conta da escassez dos recursos. O autor entende que o conceito surgiu com a ideia de maximizar o lucro em um determinado investimento, pois o mesmo recurso poderia ser utilizado para um outro fim.

Custo de Oportunidade é utilizado como referência na análise de investimentos, como parâmetro de rentabilidade de projetos, demonstrando o ganho real de um investimento como sendo a diferença entre sua Taxa Interna de Retorno e taxa de maior capacidade contributiva ao mesmo capital investido em outra atividade qualquer, seja ela produtiva ou especulativa. (Marquezan ,2006, p. 4)

O autor Ehrlich (1989 apud Rebelatto, 2004, p. 211) enfatiza essa ideia em sua obra ressaltando que o custo de oportunidade se refere ao risco por investir em um projeto X em detrimento de outro projeto Y. Além desse indicador, existem diversas metodologias de análise que buscam indicar ao investidor a viabilidade de ou rejeição de cada investimento.

#### 2.5.4 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)

Segundo LORENZET (2013), a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) pode ser definida como a taxa mínima em que um investidor poderá aceitar ao realizar um determinado investimento, ou seja, representa a rentabilidade que o investimento trará no futuro, levando em consideração o investimento empregado no presente momento.

Para obter a TMA mais atrativa, o investidor deverá considerar os investimentos que possui atualmente juntamente com as taxas de juros que esse dinheiro lhe retorna. Caso não tenha investimento no momento, deve-se optar o valor da taxa média de juros atualmente praticado no mercado. No entanto, as taxas utilizadas como parâmetro para analisar o investimento podem sofrer variações ao longo do tempo, podendo tornar a análise imprecisa e dificultando obter o valor exato para TMA.

O entrelaçamento das diversas taxas de captação e de aplicação existente no mercado confirma a dificuldade de estabelecer um valor exato para a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) a ser usada na descapitalização do fluxo esperado de benefícios de um projeto de investimento. A razão dessa dificuldade é a oscilação, ao longo do tempo, das taxas que servem de piso e de teto para a TMA. (SOUZA; CLEMENTE, 2004, p. 74).

Assim sendo, pode-se dizer que o TMA deverá ser flexível e passível de alteração conforme os critérios em que a política da empresa adotará e a flutuação do mercado. Nesse sentido, Hess (1992, apud Rebelatto, 2004, p. 212):

A taxa mínima de atratividade apresenta um forte grau de subjetividade. Ela pode ser adotada como uma política geral da empresa, sendo mudada conforme o risco oferecido pelo investimento, o capital disponível para investir, a tendência geral de surgimento de aplicações mais rentáveis, o custo de capital, a estrutura do capital da empresa etc.

### 2.5.5 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

De acordo com Bianchini (2014), a análise do Valor Presente Líquido com certeza é uma das técnicas mais utilizadas pelos investidores. Como o seu próprio nome sugere, esse indicador representa a soma de todo o fluxo de caixa do período analisado trazido para ser analisado na data zero, ou seja, na data inicial do projeto.

Vale ressaltar que a data zero citada pelo autor não representa, necessariamente, a data de hoje. Mas sim, a data inicial do projeto estabelecido, podendo acontecer em um futuro próximo.

Para Wernke (2000), o Valor Presente Líquido é conhecido por outros autores como sendo Valor Presente. Esse conceito matemático indica ao investidor o valor atual dos capitais futuros, descontados a uma determinada taxa de juros compostos

calculados de acordo com o seu período de análise. Em outras palavras, para realizar a análise deste indicador será trazido para o presente a montante do fluxo de caixa nos períodos futuros para que seja possível analisar o retorno financeiro gerado.

Em resumo, este indicador deverá apresentar valor positivo (maior do que zero) para apresentar-se como um bom investimento. O Valor Presente Líquido igual a zero representa que o investimento realizado trará um retorno indiferente, ou seja, não proporciona acréscimo e nem decréscimo, do ponto de vista financeiro, caso esse dinheiro seja utilizado em um outro projeto previamente estabelecido. Já um VPL negativo, representa que o investimento atual nos tornará menos rico, se comparado com outros investimentos que poderiam ser feitos com esse mesmo dinheiro. Cabe salientar que VLP igual a zero representa o limiar de lucro e prejuízo para um investimento.

De acordo com Bianchini (2014, p.34), a expressão utilizada para realizar o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) pode ser vista abaixo:

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

Onde:

t= Quantidade de período de tempos (geralmente em anos);

n= Período total de duração do projeto;

i= Custo Capital;

FC = Fluxo de caixa no período analisado.

### 2.5.6 TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

De acordo com BORBA (2017, p.26) a Taxa Interna de Retorno (TIR) é, em sua essência, tornar o Valor Presente Líquido (VPL) igual a zero. De forma simples, esse indicador além de mostrar a rentabilidade de um investimento em um determinado período de tempo ainda mostra a dimensão do risco financeiro de um projeto.

Assim sendo, a expressão que deverá ser utilizada para o cálculo do TIR pode ser vista na equação 2:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} \quad (2)$$

t= Quantidade de período de tempos (geralmente em anos);

n= Período total de duração do projeto;

TIR= Taxa Interna de Retorno;

FC = Fluxo de caixa no período analisado.

Na prática, deve-se comparar Taxa Interna de Retorno (TIR) com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Ao realizar essa comparação, nos depararemos com 03 cenários possíveis:

*Projeto Economicamente Viável: TIR > TMA*

*Projeto Economicamente Indiferente: TIR = TMA*

*Projeto Economicamente Inviável: TIR < TMA*

No ponto de vista de REBELATTO (2004), pode ser considerado como critério de aceitação nos casos em que TIR seja maior ou igual ao TMA, ou seja, o investimento terá retorno. No entanto, quando TIR apresentar-se menor que TMA o investidor deverá analisar novamente o projeto pois há indícios de que o projeto não trará benefícios sob a perspectiva econômica.

### 2.5.7 PERÍODO DE RECUPERAÇÃO DO INVESTIMENTO (PAYBACK)

O *Payback* é um indicador utilizado para mensurar o tempo de retorno financeiro para um investimento. Nesse sentido, busca-se atingir o menor valor numérico para este indicador por conta das constantes flutuações financeiras e mudanças de cenário do mercado.

Ao utilizar *Payback* em conjunto com os outros indicadores o investidor conseguirá mensurar mais precisamente a relação entre valor e o tempo de retorno de seus investimentos.



De acordo com EICK (2010, p.20) existem duas maneiras distintas para realizar o cálculo do *Payback*. A primeira refere-se ao *Payback* simples, nela é calculado o tempo de retorno de um investimento sem levar em consideração nenhuma taxa de desconto. Essa primeira linha de análise é mais simples, de fácil aplicação e interpretação, no entanto não leva em conta o valor do dinheiro no tempo, como o VPL. A segunda refere-se ao *Payback* descontado, esta utiliza em seu cálculo os descontos para os fluxos de caixa em cada período, trazendo seus valores a valores presentes, que considera o custo do dinheiro no tempo a aplicação de uma taxa TMA.

FAMÁ & BRUNI (2003) ressaltam que além do *Payback*, é importante utilizar outros indicadores para analisar um investimento

O fato de apenas analisar o prazo de recuperação do capital investido torna o *payback* uma medida financeira míope: uma visão curta dos números financeiros, não sendo capaz de enxergar os números mais distantes. Se o *payback* de um investimento é igual a três anos, sabe-se apenas que o capital investido será recuperado neste prazo. Se no quarto ano existir um fluxo de alguns milhões ou bilhões de dólares positivo ou negativo, nada é informado. (Famá; Bruni, 2003, p. 100)

A equação a ser utilizada para realizar o cálculo de *PAYBACK* pode ser vista abaixo:

$$PAYBACK = \sum_{t=0}^n \frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Ganho no período}_n} \quad (2)$$

Onde:

t= período analisado

### 3 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado em uma empresa montadora de maquinário agrícola. Com o intuito de realizar o estudo da viabilidade técnica e econômica para a aquisição de um centro de usinagem foi necessário, primeiramente, alinhar com o Departamento Engenharia para compreender as particularidades das peças e os requisitos mínimos da máquina a ser adquirida. Em seguida, realizou-se a busca dos fornecedores que atendam os requisitos mínimos exigidos. Feito isto, com o auxílio do Departamento de Planejamento foi levantado da quantidade de peças a serem produzidas anualmente, a quantidade de horas a serem trabalhadas diariamente e a quantidade de turnos necessários para atender essa demanda.

Após a finalização das etapas acima, torna-se possível realizar o estudo de viabilidade econômica. E esse possui dois tópicos principais: tempo disponível de operação e salário da máquina. Este último engloba algumas variáveis para o cálculo de custo/hora e é importante para se estimar o custo unitário das peças.

A Figura 2 apresenta o fluxograma para a realização deste estudo.



**Figura 2 - Fluxograma do estudo**

**Fonte: do autor.**

#### 3.1 TEMPO DE DISPONÍVEL OPERAÇÃO

Para analisar a viabilidade econômica deste investimento é necessário que sejam feitos o levantamento dos custos. Para tal, faz-se necessário estimar o tempo disponível para a usinagem, para este cálculo foram adotados 5 dias úteis na semana e 52 semanas ao ano, conforme a equação (3):

$$T_d = (T_t - T_{maq}) * 5 * 52 \quad (3)$$

Onde:

$T_d$  = Tempo disponível;

$T_t$  = Tempo diário total;

$T_{maq}$  = Tempo de máquina parada.

Em resumo, o tempo total ( $T_t$ ) refere-se ao tempo total no qual o colaborador encontra-se em horário de serviço. Já o tempo de máquina parada ( $T_{mp}$ ) representa a quantidade de horas em que o operador cessa as atividades da máquina para a sua alimentação e pausas. Com esses dois parâmetros estipulou-se o tempo disponível ( $T_d$ ), essa representa a quantidade de horas que efetivamente o operador está com a máquina em funcionamento e fabricando peças.

### 3.2 SALÁRIO MÁQUINA

Para a análise da internalização da produção, foi necessário estipular o salário máquina. Para estipular este parâmetro utiliza como base a equação descrita por BATISTA (2005) e realizado algumas adequações. Para este cálculo será utilizado o investimento inicial para a aquisição do maquinário, bem como a sua depreciação ao longo dos anos; a área total ocupada pelo maquinário e o custo da utilização desta área; o custo da energia elétrica utilizada pelo maquinário; o custo dos consumíveis e materiais periféricos; o custo de manutenção anual; custo do operador e custo da matéria prima. Todos os parâmetros supracitados são convertidos em reais por hora (R\$/h). Assim sendo, a equação (4) abaixo evidencia a equação para o calcular o salário máquina:

$$S_m = D_{Maq} + C_{Area} + C_{Ener} + C_{Mp} + C_{Cons} + C_{Man} + S_{Oper} \quad (4)$$

Onde,

$S_m =$  Salário máquina [R\$/h];

$D_{Maq} =$  Custo da depreciação da máquina [R\$/h];

$C_{Area} =$  Custo pela área ocupada [R\$/h];

$C_{Ener} =$  Custo da energia elétrica [R\$/h];

$C_{Mp} =$  Custo da matéria prima [R\$/h];

$C_{Cons} =$  Custo dos consumíveis [R\$/h];

$C_{Man} =$  Custo de manutenção [R\$/h];

$S_{Oper} =$  Salário do operador [R\$/h].

### 3.2.1 DEPRECIAÇÃO DA MÁQUINA

Os equipamentos, quando novos, geram inúmeros benefícios para a empresa. Essa eficiência, no entanto, com o passar do tempo torna-se reduzida por conta dos desgastes causados no material ou por ineficiência tecnológica. Nesse sentido, todo ativo e imobilizado presente nas empresas possuem a sua vida útil previamente estipulada para que seja possível mensurar a quantidade de tempo restante que este investimento ainda conseguirá gerar retornos financeiros para a instituição.

A parcela de depreciação é mensurada a partir quantidade de anos em que o bem já foi utilizado. Para cada tipo de ativo existe uma taxa de depreciação anual e esta pode ser encontrada através do Anexo III - INSTRUÇÃO NORMATIVA RFB Nº 1700, de 14 de março de 2017, onde é estabelecido a vida útil e a taxa de depreciação dos ativos e imobilizados.

Para o presente estudo, o prazo de vida útil é de 10 anos e a taxa de depreciação anual é de 10%, conforme abaixo:

**Tabela 1 - Vida útil e taxa de depreciação**

Referência NCM	Bens	Prazo de vida útil	Taxa anual de depreciação
8457	CENTROS DE USINAGEM (CENTROS DE MAQUINAGEM*), MÁQUINAS DE SISTEMA MONOSTÁTICO ("SINGLE STATION") .	10	10%
8458	TORNOS (INCLUÍDOS OS CENTROS DE TORNEAMENTO) PARA METAIS.	10	10%
8459	ÁQUINAS-FERRAMENTAS (INCLUÍDAS AS UNIDADES COM CABEÇA DESLIZANTE) PARA FURAR, MANDRILAR, FRESAR OU ROSCAR INTERIOR E EXTERIORMENTE METAIS.	10	10%
8460	MÁQUINAS-FERRAMENTAS PARA REBARBAR, AFIAR, AMOLAR, RETIFICAR, BRUNIR, POLIR OU REALIZAR OUTRAS OPERAÇÕES DE CABAMENTO EM METAIS.	10	10%

**Fonte: Receita Federal (2017).**

Portanto, a equação (5) apresenta o custo da depreciação anual da máquina e convertida na unidade padrão deste estudo, reais por hora (R\$/h).

$$D_{Maq} = \frac{I_0 * 0,1}{T_d} \quad (5)$$

Onde,

$D_{Maq}$  = Custo da depreciação da máquina [R\$/h];

$I_0$  = Investimento inicial do maquinário [R\$];

$T_d$  = Tempo disponível [h].

### 3.2.2 CUSTO DA ÁREA OCUPADA

O custo da área ocupada é mensurado por metro quadrado (m<sup>2</sup>). Esse está diretamente atrelado à região do país em que se encontra. Para fins de análise, de acordo com a Câmara Brasileira de Indústria e Construção (CBIC), no levantamento de setembro de 2021, apresenta-se o custo médio construções de Galpão Industrial (GI).

**Tabela 2 - Custo médio do m2 em Galpão Industrial (GI)**

Região do Brasil	Custo por m2 de área ocupada	
Norte	R\$	1.036,53
Nordeste	R\$	878,33
Centro - Oeste	R\$	994,63
Sudeste	R\$	1.076,69
Sul	R\$	1.140,65

**Fonte: Câmara Brasileira de Indústria e Construção (CBIC).**

Assim, a equação (6) representa o custo por m<sup>2</sup> da área ocupada pelo equipamento:

$$C_{Area} = \frac{A_0 * C_{m2}}{T_d} \quad (6)$$

Onde,

$C_{Area}$  = Custo da área ocupada [R\$/h];

$A_0$  = Área ocupada pelo equipamento [m<sup>2</sup>];

$C_{m2}$  = Custo por metro quadrado ocupado [R\$/m<sup>2</sup>];

$T_d$  = Tempo disponível [h].

### 3.2.3 TARIFA ENERGIA ELÉTRICA

De acordo com o *Ranking* das Tarifas publicada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), modificado em 04 de outubro de 2021, a média tarifária por região do Brasil pode ser visto abaixo:

**Tabela 3 - tarifa média por kWh por região**

Região	Tarifa média por kWh
Norte	R\$ 0,672
Nordeste	R\$ 0,607
Centro - Oeste	R\$ 0,599
Sudeste	R\$ 0,615
Sul	R\$ 0,572

**Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).**

Para efeitos de cálculo, o custo da energia elétrica pode ser calculado conforme abaixo:

$$C_{Ener} = Consumo * tarifa \quad (7)$$

Onde,

$$C_{Ener} = \text{Custo da energia elétrica [R$/h]}.$$

### 3.2.4 CUSTO DE MATÉRIA PRIMA

Neste estudo específico, para se ter o valor mais fiel com a realidade da Empresa, será utilizado o preço da matéria prima comprada. Deve-se ressaltar que este preço não necessariamente será igual ao preço médio praticado no mercado, fatores como demanda anual, região de fornecimento, frete e acordos contratuais influenciam diretamente no valor a ser pago. Nesse sentido, o parâmetro “Custo unitário da matéria prima” variável já estipulada e esse valor pode ser calculado a partir da equação 8.

$$C_{Mp} = \frac{C_{Un}}{T_u} \quad (8)$$

Onde,

$C_{Mp}$  = Custo da matéria prima [R\$/h];

$C_{Un}$  = Custo unitário da matéria prima [R\$/peça];

$T_u$  = Tempo total de usinagem [h/peça].

### 3.2.5 CUSTO DOS CONSUMÍVEIS

Da forma semelhante ao tópico anterior, o custo dos consumíveis utilizados são influenciados por diversos fatores, entre aos quais podemos citar o tipo de ferramenta a ser utilizado, o fluido refrigerante empregado, entre outros. Por conta de os consumíveis sofrerem, de forma semelhante, influência das flutuações de mercado, para efeitos de cálculo será estipulado como sendo 20% do custo da matéria prima. Desta forma, o custo dos consumíveis é representado pela equação (9).

$$C_{Cons} = C_{Mp} * 0,2 \quad (9)$$

Onde,

$C_{Cons}$  = Custo dos consumíveis [R\$/h].

### 3.2.6 CUSTO DE MANUTENÇÃO

O custo de manutenção  $C_{Man}$  está atrelado ao tipo de atividade a ser executada pelo equipamento e tipo de manutenção empregada peça empresa. Em média estipula-se que o  $C_{Man}$  anual representa 4% do valor do investimento inicial. A equação 10 representa uma forma comum para centros de usinagem o valor do custo de manutenção.

$$C_{Man} = \frac{I_0 * 0,04}{T_d} \quad (10)$$

Onde,

$C_{Man}$  = Custo da manutenção [R\$/h];

$I_0$  = Investimento inicial do maquinário [R\$];

$T_d$  = Tempo disponível [h].

### 3.2.7 SALÁRIO DO OPERADOR

No estudo em questão, a Empresa informa que o salário médio de um operador de centro de usinagem está em torno de R\$ 6.000 (valores com impostos). Assim sendo, a equação 11 representa a estimativa do salário do operador e a sua influência no custo de usinagem.

$$S_{oper} = \frac{N_{oper} * 12 * 6000}{T_d} \quad (11)$$

Onde,

$S_{oper}$  = Salário do operador [R\$];

$N_{oper}$  = Número de operadores contratados para operar a máquina;

$T_d$  = Tempo disponível [h].

### 3.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Após todo o levantamento de dados e a realização de todos os cálculos pertinentes, deverá ser realizada a análise de viabilidade econômica com a utilização dos principais indicadores de Engenharia Econômica previamente demonstradas.



## 4 ESTUDO DE CASO

O presente trabalho foi realizado em uma empresa montadora de maquinário agrícola situada no interior do estado de São Paulo.

### 4.1 CONTEXTO NACIONAL

A indústria de maquinário agrícola desempenha um papel de grande importância em tempos hodiernos. Nesse cenário, a inserção das máquinas agrícolas trouxe à agricultura novas técnicas de plantio, fertilização, pulverização de defensivos e colheita, otimizando processos e conseqüentemente reduzindo os custos.

De acordo com a pesquisa da *Climate Fieldview*, o agronegócio brasileiro vem crescendo continuamente e, em 2020, alcançou a participação de 26,6% do Produto Interno Bruto nacional, em termos monetários essa porcentagem representa cerca de R\$ 2 trilhões. Vale ressaltar que desse montante cerca de 68% provém da agricultura e os demais 32% da pecuária.

Assim sendo, torna-se de unívoca percepção a importância do ramo agrário no contexto nacional. Nesse panorama, a mecanização agrícola desempenha a missão de modernizar a agricultura com o intuito de reduzir o desperdício, aumentar o faturamento e por consequência aumentar o lucro.

### 4.2 CONTEXTO INDUSTRIAL

Inserido nesse cenário de crescimento e modernização agrícola, as montadoras de máquinas deste ramo são constantemente desafiadas a buscar melhores condições financeiras para aumentar a sua competitividade no mercado.

No entanto, as restrições causadas pela pandemia do novo Coronavírus em 2019, fizeram com que diversos segmentos da indústria sofressem com sucessivos aumentos de preço e crescentes prazos de entrega. Por um lado, o aumento do prazo de entrega é prejudicial ao agricultor por comprometer o plantio, fertilização e colheita de sua lavoura. Por outro, a constante elevação nos preços e a impossibilidade de repassar toda a variação faz com que o lucro das empresas seja reduzido.

Assim sendo, frente à um cenário de turbulência, as montadoras são desafiadas a se manterem competitivas para aumentar a sua participação no mercado agrícola. Para atingir esse objetivo, a internalização da produção de alguns componentes, sobretudo as peças usinadas, torna-se um viés promissor para a redução de custo e melhoria no prazo de entrega.

#### 4.3 ANÁLISE DE DADOS

No estudo foi analisado a viabilidade para internalizar a usinagem 03 componentes do chassi. Atualmente essas peças são fornecidas por uma empresa situada em Piracicaba, no interior do estado de São Paulo. As dimensões, demanda anual e custo podem ser vistas abaixo:

**Tabela 4 - Dados das peças terceirizadas**

<b>Denominação</b>	<b>Dimensões aprox. (mm)</b>	<b>Demanda anual (peças)</b>	<b>Custo unitário (R\$)</b>	<b>Custo total anual (R\$)</b>
Componente 01	1000 x 150 x 150	1216	797,63	969.918,08
Componente 02	1000 x 150 x 150	1216	797,63	969.918,08
Componente 03	1000 x 300 x 300	603	1636,32	986.700,96

**Fonte: do autor.**

Para realizar o processo de aquisição da máquina ferramenta, foi considerado a demanda atual e possíveis demandas futuras. Desta maneira, foram elencados alguns requisitos mínimos desejáveis. A Tabela 5 apresenta estas informações:

**Tabela 5 - Requisitos mínimos da máquina ferramenta**

<b>Especificações técnicas</b>	<b>Requisitos mínimos</b>
Curso X (mm)	1700
Curso Y (mm)	1400
Curso Z (mm)	1500
Peso Admissível (kg)	3000
Divisão mínima da mesa	1°
Tempo de indexação - 90° (segundos)	4
Rotação máxima (rpm)	8000
Potência (kW)	35
Torque (N.m)	1200
Avanço rápido X / Y / Z (m/min)	50
Avanço máximo programável (m/min)	50
Número de ferramentas no magazine	50
Diâmetro máximo ferramentas (mm)	100
Diâmetro máximo sem ferramentas adjacentes (mm)	300
Comprimento máximo ferramentas (mm)	600
Peso máximo ferramentas (kg)	30
Tempo de troca da ferramenta (segundos)	10

**Fonte: do autor.**

No primeiro momento, foi realizado a busca pelos possíveis fornecedores para a aquisição do centro de usinagem. Para a seleção, foi utilizado como critério a busca por empresas conceituadas no ramo. Além disso, por recomendação do Departamento de Engenharia de Processos, foram incluídas no estudo o investimento em equipamentos periféricos, como por exemplo: Unidade hidráulica, ponte rolante, cabeçote angular, coletor de névoa, treinamentos, entre outros. Para os orçamentos, foi utilizado como base um investimento já feito anteriormente pela Empresa.

A ficha técnica completa dos dois equipamentos orçados encontra-se no Anexo A e na Tabela 6 encontram-se o comparativo entre os investimentos.

Tabela 6 - Comparativo entre investimentos

Centro de usinagem	Mazak HCN – 10800 II	Mori Seiki NHX - 10000
Potência	37 kW	55 kW
Dimensões	6064 mm x 8868 mm	5700 mm x 9055 mm
Valor do equipamento	R\$ 5.372.360,62	R\$ 6.134.474,19
Unidade Hidráulica	R\$ 120.000,00	R\$ 120.000,00
Ponte Rolante	R\$ 360.000,00	R\$ 360.000,00
Cabeçote Angular	R\$ 100.000,00	R\$ 100.000,00
Coletor de Névoa	R\$ 60.000,00	R\$ 60.000,00
Frete + Adequação Layout	R\$ 200.000,00	R\$ 200.000,00
Instalação da máquina	R\$ 40.000,00	R\$ 40.000,00
Treinamentos	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00
Fundação	R\$ 120.000,00	R\$ 120.000,00
Ferramentas e dispositivos	R\$ 100.000,00	R\$ 100.000,00
Instalações prediais	R\$ 60.000,00	R\$ 60.000,00
<b>Investimento total</b>	<b>R\$ 6.552.360,62</b>	<b>R\$ 7.314.474,19</b>

Fonte: do autor.

A partir verificação do Anexo A, pode-se perceber que as duas máquinas possuem especificações técnicas semelhantes. Desta forma, após a análise das propostas comerciais apresentadas na Tabela 6, o equipamento “*Mazak HCN – 10800 II*” demonstra-se como a mais promissora no quesito custo-benefício com o valor de investimento inicial  $I_0$  de R\$ 6.552.360,62.

Em seguida, a estimativa de tempo de usinagem por peça e tempo de *setup* da máquina tornam-se de grande importância para prosseguir com o estudo. Para tal, a partir do arquivo 3D, posteriormente foi feito a programação para realizar a simulação computacional no *software Mazatrol*. Desta maneira, foi estimado que tanto para o Componente 01 quanto para o Componente 02 o tempo de usinagem por peça foram de aproximadamente 41 minutos. Enquanto isso, para o Componente 03 foram necessários 93 minutos. Além disso, a estimativa para o tempo de *setup* para cada item é de aproximadamente 120 minutos. Por esse motivo, foi adotado como lote mínimo 30 peças. A Tabela 7 apresenta de forma resumida os dados citados anteriormente.

Tabela 7 - Tempo de usinagem

Denominação	Lote mínimo (pç)	Tempo de usinagem (min/pç)	Tempo de Setup (min)	Tempo de setup por (min/pç)	Tempo total (min/pç)	Tempo total (horas/pç)
Componente 01	30	41	120	4	45	0,75
Componente 02	30	41	120	4	45	0,75
Componente 03	30	93	120	4	97	1,62

Fonte: do autor.

#### 4.3.1 TEMPO DISPONÍVEL OPERAÇÃO

Neste estudo, foi adotado a utilização de 02 turnos diários para a operação de máquinas, com a utilização da equação (3), adotando tempo diário total ( $T_t$ ) como sendo 16 horas e tempo de máquina parada ( $T_{maq}$ ) 02 horas, pode-se concluir que o tempo disponível ( $T_d$ ) é de 3.640 horas anuais. A Tabela 8 apresenta detalhadamente as informações.

Tabela 8 - Tempo disponível

Semanas	Dias por semana	Tempo diário total (horas)	Tempo de máquina parada (horas)	Tempo diário disponível (horas/dia)	Tempo disponível (horas/ano)
52	5	16	2	14	3.640

Fonte: do autor.

#### 4.3.2 DEPRECIAÇÃO DA MÁQUINA

A partir da INSTRUÇÃO NORMATIVA RFB N<sup>o</sup> 1700 apresentada na Tabela 1, o prazo de vida útil para este tipo de maquinário é de 10 anos com taxa de depreciação anual 10%. Assim sendo, a depreciação da máquina por hora pode ser calculada a partir da equação (5). Dessa forma, o custo da depreciação da máquina pode ser visto a seguir:

$$D_{Maq} = R\$ 147,59/hora$$

#### 4.3.3 CUSTO DA ÁREA OCUPADA

O presente estudo foi realizado em uma empresa situada no interior do estado de São Paulo. Por esse motivo, de acordo com a Câmara Brasileira de Indústria e

Construção (CBIC) o custo por metro quadrado ocupado  $C_{m2}$  é de R\$ 1076,69, enquanto a área ocupada pelo equipamento  $A_0$  é aproximadamente 53,77 m<sup>2</sup>. Utilizando (6):

$$C_{Area} = R\$ 15,90/hora$$

#### 4.3.4 TARIFA ENERGIA ELÉTRICA

A partir da Tabela 3, pode-se verificar que na região Sudeste a tarifa média por kWh R\$ 0,615 em 2021. Assim, para avaliar o custo da energia elétrica será contabilizado apenas o consumo do centro de usinagem. Para este estudo, a potência do Mazak HCN – 10800 II é de 37kW. Com a utilização de (7):

$$C_{Ener} = R\$ 22,76/hora$$

#### 4.3.5 CUSTO DE MATÉRIA PRIMA

A Empresa deste presente estudo possui uma filial com especialização em peças fundidas. Assim, para internalizar a produção a matéria prima será fornecida por essa filial, os valores unitários estabelecidos e o custo de matéria prima ( $C_{Mp}$ ) podem ser estimadas utilizando a equação (8). A Tabela 9 evidencia essas informações de maneira resumida.

**Tabela 9 - Custo da matéria prima (MP)**

Denominação	Material	Custo unitário da MP	Tempo total de usinagem (horas/peça)
Componente 01	Peça fundida	R\$ 116,61	0,75
Componente 02	Peça fundida	R\$ 116,61	0,75
Componente 03	Peça fundida	R\$ 470,32	1,62

**Fonte: do autor.**

#### 4.3.6 CUSTO DOS CONSUMÍVEIS

Neste tópico, estão sendo considerados como consumíveis as pastilhas de usinagem, broca e o fluido de usinagem. Para estimar essa variável, utiliza-se a equação (9) juntamente com as informações obtidas no tópico anterior. Dessa forma:

Tabela 10 - Custo dos consumíveis

Denominação	Custo dos consumíveis (R\$/hora)	
Componente 01	R\$	31,10
Componente 02	R\$	31,10
Componente 03	R\$	58,06

Fonte: do autor.

#### 4.3.7 CUSTO DE MANUTENÇÃO

A estimativa do custo de manutenção anual é calculada como sendo 4% do valor do investimento inicial do equipamento. De maneira semelhante ao custo da energia elétrica, neste tópico será contabilizado apenas o valor do investimento do centro de usinagem.

Tabela 11 - Custo de manutenção

Equipamento	Investimento inicial	Custo de manutenção (R\$/Ano)	Custo de manutenção (R\$/hora)
Centro de usinagem	R\$ 5.372.360,62	R\$ 214.894,42	R\$ 59,04

Fonte: do autor.

#### 4.3.8 SALÁRIO DO OPERADOR

Para a internalização da produção das peças citadas anteriormente será necessário a operação em dois turnos e sendo necessário a contratação de um operador por período. Assim, com a utilização da equação (11):

$$S_{oper} = R\$ 39,56/hora$$

#### 4.3.9 SALÁRIO MÁQUINA

Por fim, com a estimativa dos parâmetros anteriormente demonstradas torna-se possível calcular o salário máquina  $S_m$  a partir da equação (4).

Tabela 12 - Salário máquina

<b>Denominação</b>	<b>Componente 01</b>	<b>Componente 02</b>	<b>Componente 03</b>
Depreciação da máquina	R\$ 147,59	R\$ 147,59	R\$ 147,59
Custo da área ocupada	R\$ 15,90	R\$ 15,90	R\$ 15,90
Custo da energia elétrica	R\$ 22,76	R\$ 22,76	R\$ 22,76
Custo da Matéria prima	R\$ 155,48	R\$ 155,48	R\$ 290,32
Custo dos consumíveis	R\$ 31,10	R\$ 31,10	R\$ 58,06
Custo de manutenção	R\$ 59,04	R\$ 59,04	R\$ 59,04
Salário do operador	R\$ 39,56	R\$ 39,56	R\$ 39,59
<b>Salário máquina (R\$ / hora)</b>	<b>R\$ 471,43</b>	<b>R\$ 471,43</b>	<b>R\$ 633,26</b>

Fonte: do autor.

#### 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O cálculo do salário máquina é importante pois dessa maneira obtém um parâmetro padronizado, reais por hora. Assim, para estimar o custo de produção interna basta multiplicar o salário máquina pela quantidade de horas a ser utilizado para a produção da peça. Dessa maneira, comparando o custo da peça internalizada com o custo da peça produzida a partir da terceirização pode-se verificar se haverá incremento ou redução do custo. Para essa análise, ressalta-se que a produção do item Componente 1 e Componente 2 levará cerca de 0,75 horas, já para o Componente 3, cerca de 1,62 horas.

Tabela 13 - Redução de custo anual

<b>Denominação</b>	<b>Componente 01</b>	<b>Componente 02</b>	<b>Componente 03</b>
Custo da peça terceirizada	R\$ 797,63	R\$ 797,63	R\$ 1.636,32
Custo da peça internalizada	R\$ 353,57	R\$ 353,57	R\$ 1.023,77
Redução de custo	R\$ 444,06	R\$ 444,06	R\$ 612,55
Redução percentual	56%	56%	37%
Demanda anual	1216 (pçs)	1216 (pçs)	603 (pçs)
Redução anual	R\$ 539.972,94	R\$ 539.972,94	R\$ 369.367,45
<b>Redução anual = R\$ 1.449.313,32</b>			

Fonte: do autor.

A partir da Tabela 13, percebe-se que a peça produzida internamente possui um custo menor se comparado com a peça terceirizada. A redução é de R\$ 444,06 para o Componente 01 e Componente 02, enquanto para o Componente 03 é de R\$ 612,55. Em termos percentuais, a redução para os primeiros dois componentes é de 56% e para o último é de 37%.



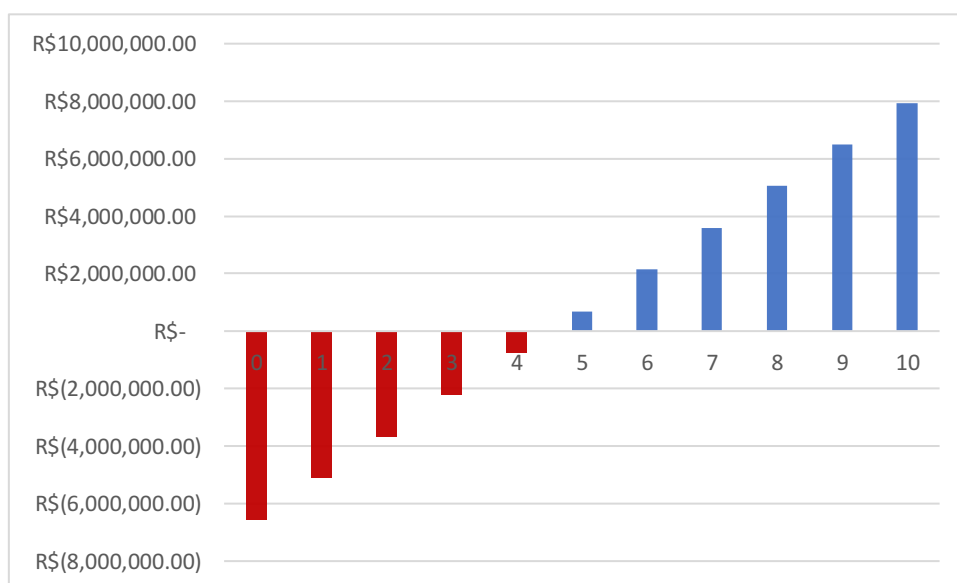
A redução anual será utilizada como entrada positivo para investimento. Além disso, será realizada a análise para os próximos dez anos, contabilizada a partir da data do investimento, considerando todos os outros parâmetros constantes. Dessa maneira, o fluxo de caixa pode ser visualizado na Tabela 14.

**Tabela 14 - Resultado financeiro**

Ano	Fluxo de caixa	Resultado acumulado
0	-R\$ 6.552.360,62	-R\$ 6.552.360,62
1	R\$ 1.449.313,32	-R\$ 5.103.047,30
2	R\$ 1.449.313,32	-R\$ 3.653.733,98
3	R\$ 1.449.313,32	-R\$ 2.204.420,65
4	R\$ 1.449.313,32	-R\$ 755.107,33
5	R\$ 1.449.313,32	R\$ 694.205,99
6	R\$ 1.449.313,32	R\$ 2.143.519,31
7	R\$ 1.449.313,32	R\$ 3.592.832,63
8	R\$ 1.449.313,32	R\$ 5.042.145,95
9	R\$ 1.449.313,32	R\$ 6.491.459,27
10	R\$ 1.449.313,32	R\$ 7.940.772,59

Fonte: do autor.

Para efeito visual, a Figura 3 apresenta o resultado acumulado em função dos anos.



**Figura 3 - Resultado acumulado**

Fonte: do autor.

A Tabela 14 apresenta o fluxo de caixa ao longo dos 10 anos de estudo. No ano zero têm-se valor negativo pois é o momento em que ocorre o investimento inicial

$I_0$  do maquinário. De acordo com a Tabela 13, há a redução de custo anual no valor de R\$ 1.449.313,32 e para efeito de cálculo esse valor é contabilizado como sendo positivo.

Desta maneira, com a observação tanto da Tabela 14, quanto da Figura 3 percebe-se que o *Payback* deste investimento ocorre em pouco menos de 05 anos. Mais precisamente em 4 anos, 06 meses e 06 dias.

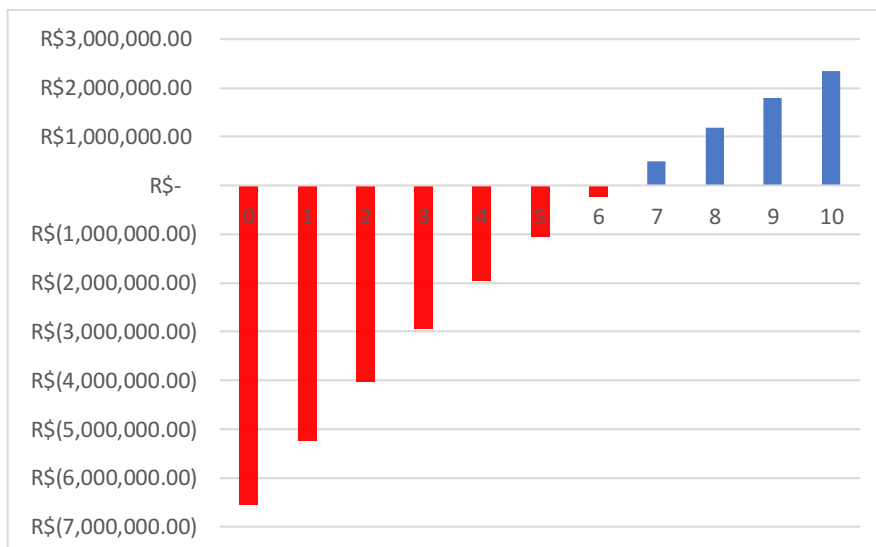
Em seguida, será realizado o cálculo do VPL. De maneira semelhante com o que foi feito anteriormente, no ano zero têm-se valor negativo pois é o momento em que ocorre o investimento inicial  $I_0$  do maquinário. De acordo com a Tabela 13, há a redução anual no valor de R\$ 1.449.313,32 que servirá como entrada positiva no nosso estudo. O valor da redução, no entanto, subtraído o valor de 10% anualmente por conta da Taxa Mínima de Atratividade adotada pela empresa.

**Tabela 15 - Valor Presente Líquido (VPL)**

<b>Ano</b>	<b>Fluxo de caixa</b>		<b>VPL</b>
0	-R\$	6.552.360,62	-R\$ 6.552.360,62
1	R\$	1.317.557,56	-R\$ 5.234.803,05
2	R\$	1.197.779,60	-R\$ 4.037.023,45
3	R\$	1.088.890,55	-R\$ 2.948.132,90
4	R\$	989.900,50	-R\$ 1.958.232,40
5	R\$	899.909,54	-R\$ 1.058.322,86
6	R\$	818.099,59	-R\$ 240.223,27
7	R\$	743.726,90	R\$ 503.503,63
8	R\$	676.115,36	R\$ 1.179.618,99
9	R\$	614.650,33	R\$ 1.794.269,31
10	R\$	558.773,03	R\$ 2.353.042,34

**Fonte: do autor.**

Para efeito visual, a Figura 4 apresenta o valor presente líquido em função dos anos.



**Figura 4 - Valor Presente Líquido (VPL)**

**Fonte: do autor.**

A partir da Tabela 15 e da Figura 4, percebe-se que este investimento traz retorno acima do mínimo esperado. Esse fato é constatado pois, após retirar 10% no fluxo de caixa anual, o projeto ainda traz resultados positivos. Uma outra interpretação a ser feita é de que após transcorridos 10 anos a empresa estará R\$ 2.353.042,34 mais rica do que se tivesse investido inicialmente o mesmo montante em uma aplicação que rende 10% ao ano.

Por fim, a partir dos dados de fluxo de caixa conforme a Tabela 13 e utilizando a equação (2), estima-se de que o TIR é de aproximadamente 18%.

## 5 CONCLUSÃO

Por inúmeros fatores o estudo mostrou-se promissor e o processo de internalização para a produção dos três componentes pode ser considerada como plausível.

Em primeiro plano, foi possível encontrar fornecedores nas quais as máquinas atendem ofertadas atendem à necessidade da empresa. Além disso, com o auxílio da equipe de engenharia e logística foi possível realizar o levantamento dos equipamentos periféricos juntamente com os custos para o transporte.

A análise de viabilidade econômica demonstrou um resultado muito positivo. Com a comparação entre o custo da peça internalizada, peça terceirizada e demanda anual verificou-se que há a oportunidade de redução de custo em torno de R\$1.449.313,32 anuais.

Comparando o aporte financeiro inicial com a redução de custo anual, verifica-se que a partir de 4,52 anos atingiria o *Payback* simples do investimento. Além disso, considerando a taxa mínima de atratividade como sendo 10%, o Valor Presente Líquido (VPL) após dez anos seria de R\$ 2.353.042,34, ou seja, descontando os 10% anuais a empresa ainda ficaria aproximadamente R\$ 2,3 milhões mais rica. E o TIR para este investimento, em outras palavras, o retorno real para este investimento está em torno de 18% ao ano.

## REFERÊNCIAS

- [1] TRENT, E. M. **Metal cutting**. 2 ed. Londres: Butterworths & Co., 1984.
- [2] Oliveira, A.L.A. (2009). **Terceirização e satisfação com trabalho** (Dissertação de Mestrado). Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.
- [3] LYRA, Pablo V. A., (2010). **Desenvolvimento de uma Máquina Fresadora CNC Didática**. Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT.TG-nº, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 123p.
- [4] SOUZA, Alceu; CLEMENTE, Ademir. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- [5] REBELATTO, Daisy. **Projeto de Investimento**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2004.
- [6] **ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA NA IMPLANTAÇÃO DE UM AVIÁRIO MODELO DARK HOUSE EM UMA PROPRIEDADE RURAL NO MUNICÍPIO DE NOVA BRÉSCIA LAJEADO 2014**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVANTES, [S. /], 2014.
- [7] LEONE, George Sebastião Guerra. **Curso de contabilidade de custos: contém critérios do custeio ABC**. São Paulo: Atlas, 2000.
- [8] SANTOS, Roberto Baran dos. **Modelos de decisão para Gestão de Preço de Venda**. Dissertação de mestrado apresentada a FEA – USP. São Paulo, 1995.
- [9] PADOVEZE, Clóvis Luiz. **Contabilidade gerencial**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

[10] WERNKE, Rodney. **Aplicações do conceito de valor presente na contabilidade gerencial**. Revista Brasileira de Contabilidade. Conselho Federal de Contabilidade, n. 126. Brasília: novembro / dezembro 2000.

[11] MARQUEZAN, Luiz Henrique Figueira. **Análise de Investimentos**. Revista Eletrônica de Contabilidade: Curso de Ciências Contábeis UFSM. Vol. III, n. 1. Santa Maria: janeiro / junho 2006.

[12] FAMÁ, Rubens; BRUNI, Adriano Leal. **As Decisões de Investimentos: com Aplicações na HP12C e Excel**. São Paulo: Atlas, 2003, v. 2.

[13] **GESTÃO DE CUSTOS: ANÁLISE APLICA A UMA MICROEMPRESA FRANQUEADA DE SORVETES EM JOÃO MONLEVADE** JOÃO MONLEVALE. 2018. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE OUTRO PRETO, [S. l.], 2018.

[14] **ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INVESTIMENTO DE UMA EMPRESA DO RAMO DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL COMPRIMIDO (GNC) CAXIAS DO SUL** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL, [S. l.], 2013.

[15] PORTER, Michael. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

[15] SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

[16] **VIABILIDADE E SUBSTITUIÇÃO DE MÁQUINAS DE USINAGEM** LONDRINA 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, [S. l.], 2018.

[17] ALMEIDA, A. M., ALMEIDA, G. G., SANTOS, H. V. A., ARAUJO, L. F., SILVA, R. A., FAUSTINO, T., **A EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO**. 2009. 71 f.

Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009. Cap. 1.

[18] SEAMES, W, S. **Computer Numerical Control: Concepts and Programming**. Stanford: Cengage Learning, 2001.

[19] POLASTRINI, Fernando H. “**Desenvolvimento de uma Máquina CNC de Baixo Custo com Softwares e Hardwares Abertos**” Relatório (Graduando em Engenharia Elétrica), Instituto Federal de Minas Gerais, 2016.

[20] **ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DE UM EMPREENDIMENTO NO SETOR ALIMENTÍCIO PONTA GROSSA 2017**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, [S. /], 2018.

[21] **VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DE UMA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA NO BRASIL FLORIANÓPOLIS 2010**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, [S. /], 2010.

[22] Disponível em:

<[http://www.mitsubishicarbide.net/contents/mht/pt/html/product/technical\\_information/information/formula1.html](http://www.mitsubishicarbide.net/contents/mht/pt/html/product/technical_information/information/formula1.html)>. Acesso em: 4 ago. 2021.

[23] BATISTA, ALFREDO JOSÉ. **DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO PARA CÁLCULO DOS CUSTOS DE TORNEAMENTO**. 2005. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO (MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, [S. /], 2005.

## ANEXO A – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO EQUIPAMENTO COTADO

Especificações Técnicas	Comparativo entre tecnologias propostas	
	Máquinas Propostas	
	Mazak HCN-10800 II	Mori Seiki NHX-10000
Comando	Mazatrol	Fanuc - F31iA
Curso X (mm)	1700	1700
Curso Y (mm)	1400	1400
Curso Z (mm)	1525	1510
Tamanho dos Pallets (mm)	1000 x 1000	1000 x 1000
Peso admissível ( kg )	3000	3000
Volteio máximo na área de usinagem (mm)	2050	2000
Volteio máximo na área de troca de peças (mm)	2000	2300
Altura máxima da peça (mm)	1600	1600
Divisão mínima mesa	0,0001°	1°
Tempo indexação - 90° (segundos)	2,4	3,4
Rotação máxima (rpm)	8000	6000
Potência (K.w)	37	55
Torque (N.m)	1218	1309
Avanço rápido X / Y / Z (m/min)	52	50
Avanço máximo programável (m/min)	52	50
Cone	CAT-50	BT 50
Número de ferramentas no magazine	80	60
Diâmetro máximo ferramentas (mm)	320	110
Diâmetro máximo sem ferramentas adjacentes (mm)	470	320
Comprimento máximo ferramentas (mm)	650	800
Peso máximo ferramentas (kg)	30	29,4
Tempo de troca da ferramenta (segundos)	5,7	5,7
Tempo de troca de pallet (segundos)	25	25
Precisão de posicionamento	0,015	0,01
Repetibilidade	0,01	0,01
País de origem	Japão	Japão
Sistema de movimentação	Guias lineares	Guias lineares
Peso da máquina (Kg)	45000	41500
Tamanho máquina (Largura x comprimento)	6064 x 8868	5700 x 9055
Tensão necessária (03 fases) (Volts)	220	220
Opcionais	-	-
Pistola para lavagem no troca pallet	Sim	Sim
Preparação para refrigeração - Cort. Através da ferramenta (70 bar)	Sim	Sim
Transportador de cavacos	Sim	Sim
2 pallets com sistema de troca com rasgo T + furo central	Sim	Sim
Rosca Sincronizada	Sim	Sim
Controle de quebra de ferramenta por sensor	Sim	Sim
Sistema de medição automática do comprimento da ferr	Sim	Sim
Cobertura segura na área do troca pallet	Sim	Sim
Bloco de ancoragem para ferramenta angular	Sim	Sim
Pacote de opcionais CNC (inclui EIA/ISO)	Sim	Sim
Velocidade do eixo árvore 8000 rpm com alto torque	Sim	Sim
Sistema de refrigeração através do eixo arvore (70 Bar)	Sim	Sim