



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

MANOEL MESSIAS DOMINGOS DA SILVA

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DO
PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA METAL –
MECÂNICA EM MACEIÓ – ALAGOAS



SALVADOR
2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL – PEI**

MANOEL MESSIAS DOMINGOS DA SILVA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DO
PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA METAL –
MECÂNICA EM MACEIÓ – ALAGOAS**

SALVADOR – BAHIA

2017

MANOEL MESSIAS DOMINGOS DA SILVA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DO
PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA METAL –
MECÂNICA EM MACEIÓ – ALAGOAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, em convênio com o Instituto Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Anselmo Alves Bandeira

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Hora de Oliveira
Fontes

SALVADOR – BAHIA

2017

Silva, Manoel Messias Domingos da
Análise da viabilidade de inovação tecnológica do processo de
produção de uma empresa metal mecânica em Maceió/Alagoas / Manoel
Messias Domingos da Silva, Anselmo Alves Bandeira, Cristiano
Hora de Oliveira Fontes. -- Salvador, 2017.
81 f.

Orientador: Anselmo Alves Bandeira.
Coorientador: Cristiano Hora de Oliveira Fontes.
Dissertação (Mestrado -) -- Universidade Federal da Bahia,
Escola Politécnica, 2017.

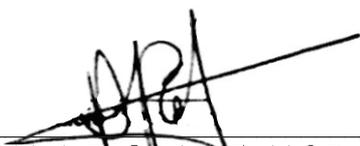
1. Fabricação Mecânica.. 2. Processos produtivos. 3. Inovações
tecnológicas. I. Bandeira, Anselmo Alves. II. Fontes, Cristiano
Hora de Oliveira. I. Bandeira, Anselmo Alves. II. Fontes,
Cristiano Hora de Oliveira . III. Título.

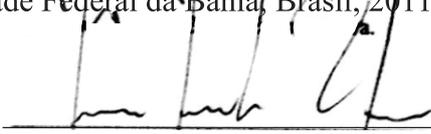
**“ANÁLISE DA VIABILIDADE DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DO PROCESSO
DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA METAL –MECÂNICA EM MACEIÓ –
ALAGOAS”**

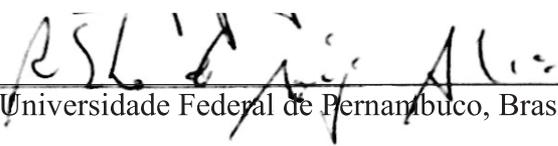
Manoel Messias Domingos da Silva

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Dr. Anastácio Pinto Gonçalves Filho 
Doutor em Engenharia Industrial, pela Universidade Federal da Bahia, Brasil, 2011

Prof. Dr. Francisco Gaudêncio Mendonça Freires 
Doutor em Engenharia e Gestão Industrial, pela Universidade do Porto, Portugal, 2007

Prof. Dr. Roberto de Araújo Alécio 
Doutor em Engenharia Mecânica, pela Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, 2015

Salvador, BA - BRASIL
Agosto/2017

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Antônio Domingos e Rosa Alves, pelo incomparável carinho e amor, ainda que meus olhos não possam vê-los, sei que estão em festa.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por me abençoar a cada instante, pela misericórdia e força em cada momento de dificuldade, por mais essa rica experiência de vida.

A minha família, por sempre apoiar meus sonhos, ainda que signifique privação do convívio familiar. Por muitas vezes, o estímulo e a compreensão de vocês foram o que me redirecionou e me fez seguir adiante. Sou muito privilegiado por ter vocês ao final de cada dia.

A minha esposa e aos meus filhos, grandes incentivadores nos momentos de turbulência.

Ao Professor Dr. Cristiano Hora de Oliveira Fontes que se dispôs, como membro permanente do PEI a supervisionar este trabalho.

Ao Professor Dr. Anselmo Alves Bandeira, por sua orientação, paciência, sabedoria e pelo seu profissionalismo e competência.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, pela socialização do conhecimento.

À empresa estudada que se dispôs a ajudar no que fosse necessário para a conclusão deste trabalho.

Aos amigos e colaboradores que, de alguma forma, apoiaram a realização desta pesquisa.

Por fim, quero registrar os meus agradecimentos a todos os demais familiares, amigos e participantes que, aos seus jeitos, contribuíram para a realização deste projeto.

“Todo aquele que se dedica ao estudo da ciência chega a convencer-se de que nas leis do Universo se manifesta um Espírito sumamente superior ao do homem, e perante o qual nós, com os nossos poderes limitados, devemos humilhar-nos”.

(Albert Einstein)

RESUMO

A inovação tecnológica torna-se fundamental para qualquer organização empresarial que visa destaque e relevância no mercado em que atua, a busca por maquinário com tecnologia de ponta é uma alternativa para se manter no mercado. Este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade de inovação tecnológica do processo de produção por meio de um estudo de caso em uma empresa metal-mecânica, analisando os impactos obtidos na melhoria da qualidade e desempenho de seus processos produtivos. Considerou-se por hipótese, que a importância da aquisição de um programa de inovações tecnológicas proporciona maior agilidade e versatilidade nos processos produtivos. Diante desse contexto, a pesquisa visa definir as vantagens impactantes no processo de produção de uma empresa metal-mecânica, através da implantação de um programa de inovação tecnológica, com base na competitividade, produtividade e qualidade em seus produtos e/ou serviços. Os dados foram submetidos a uma análise para medir a viabilidade de melhorias tecnológicas através da aquisição de maquinário com tecnologia de ponta. Verificou-se como limitação o histórico negativo da empresa, em se tratando de investimentos em tecnologia e manutenção preventiva dos equipamentos dispostos na área fabril. Como resultado do estudo, são evidenciados que a melhor opção é a aquisição de máquinas com novas matrizes tecnológicas, as quais proporcionam mais agilidade nos processos produtivos. Com isso, a empresa poderá oferecer produtos de maior qualidade dentro de prazos mais curtos, podendo aumentar seus níveis de competitividade, produtividade e eficiência.

Palavras-chave: Fabricação Mecânica. Processos produtivos. Inovações tecnológicas.

ABSTRACT

The technological innovation becomes fundamental for any business organization that aims for relevance in the market in which it operates, the search by machines with the latest technology is an alternative to keep yourself in the market. This work aims to analyze the feasibility of technological innovation of the production process by means of a case study in a metal-mechanic company, analyzing the impacts obtained in improving the quality and performance of its production processes. It was considered as the hypothesized that the importance of acquiring a program of technological innovations provides greater agility and versatility in the productive processes. Faced with this of this context, the research aims to define the advantages which impacts in the production process of a metal-mechanic company, through the implementation of a technological innovation program based on competitiveness, productivity and quality in its products and / or services. The data were submitted to an analysis to measure the feasibility of technological improvements through the acquisition of machines with latest technology. was verified as a limitation, the negative history of the company in the case of investments in technology and preventive maintenance of the equipment available in the manufacturing area. Thereby, the company will be able to offer higher quality products within shorter deadlines, increasing its levels of competitiveness, productivity and efficiency.

Keywords: Mechanical manufacturing. Productive processes. Technological innovations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação dos processos de fabricação	24
Figura 2 – Interface CNC	28
Figura 3 – Torno Horizontal CNC	30
Figura 4 – Centro de Usinagem CNC	31
Figura 5 – Centro de Torneamento CNC	32
Figura 6 – Centro de Usinagem de alta velocidade CNC	34
Figura 7 – Pastilhas de Metal Duro para Usinagem	36
Figura 8 – Diagrama funcional mostrando a Engenharia de Fabricação dentro do ciclo produtivo da empresa	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fatores que contribuem para vantagem competitiva das organizações	40
Quadro 2 – Metodologias de avaliação de desempenho empregadas nos artigos pesquisados	42
Quadro 3 – Operações realizadas nos tornos CNC	56
Quadro 4 – Operações realizadas no Centro de usinagem CNC	57
Quadro 5 – Características técnicas do torno CNC Multiplic 40	57
Quadro 6 – Características técnicas do torno CNC Multiplic 30 D	58
Quadro 7 – Características técnicas do Centro de usinagem CNC D1250	59
Quadro 8 – Performance do torno CNC Multiplic 40.....	61
Quadro 9 – Performance do torno CNC Multiplic 30 D.....	62
Quadro 10 – Performance do centro de usinagem CNC D1250	64
Quadro 11 – Lead time de produção para lote de 20 peças	67
Quadro 12 – Qualidade dos produtos fabricados	69
Quadro 13 – Valor referente à hora/máquina	69
Quadro 14 – Custo de produção	70

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ap – Profundidade de corte (mm)

CAD – Desenho Assistido por Computador

CAM – Manufatura Assistida por Computador

CBN – Nitreto de Boro Cúbico

CNC – Comando Numérico Computadorizado

CN – Comando Numérico

D – Disponibilidade

DIN – Deutsches Institut für Normung

EOE – Eficiência operacional

EUA – Estados Unidos da América

f – Avanço (mm/volta)

HSC – High Speed Cutting

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade

MIT – Massachussets Institut of Techonology

MTBF – Mean Time Between Failures

MTTR – Mean Time to Repair

NB – Números de Possíveis Falhas no Decorrer do Ano

NC – Numericamente Controlada

NRs – Normas Regulamentadoras

P – Performance

PINTEC – Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica

Q – Qualidade

RPM – Rotações por Minutos

SMD – Sistema de Medição de Desempenho

Tc – Tempo de corte (min)

Vc – Velocidade de corte (m/min)

Vf – Velocidade de avanço (mm/min)

KPI's – Key Performance Indicators

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Considerações iniciais	15
1.2 O problema da pesquisa.....	18
1.3 Justificativa do trabalho.....	18
1.4 Objetivo geral.....	19
1.5 Objetivos específicos.....	19
1.6 Estrutura do trabalho	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Inovações tecnológicas nos processos produtivos	21
2.2 Processos de fabricação por usinagem.....	24
2.3 Máquinas por comando CNC	27
2.3.1 Torno CNC.....	29
2.3.2 Centro de Usinagem e Centro de Torneamento	30
2.3.3 Máquinas CNC de alta velocidade HSM/HSC	32
2.4 Ferramentas de corte para usinagem.....	36
2.5 Viabilidade técnica nos processos de usinagem	38
2.6 Medição de processo	42
2.6.1 Tempo de setup, lead time e tempo de lote.....	43
2.6.2 Custos de produção	44
2.7 Ferramentas da MCC para análise dos indicadores de desempenho	45
2.7.1 Tempo médio entre as falhas MTBF e o tempo médio para reparo MTTR	45
2.7.2 Confiabilidade e disponibilidade	46
2.7.3 Aplicação de indicadores para análise de performance.....	47
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	49
3.1 Procedimentos metodológicos	49
3.2 Delimitação do estudo de caso	50
3.3 Instrumentos e forma de coleta de dados.....	51
3.4 Tratamento de dados	51
4 ESTUDO DE CASO	52
4.1 A empresa	52
4.2 Atuação do setor de usinagem computadorizado.....	53

4.3 Planejamento de processos e principais processos de usinagem	54
4.3.1 Planejamento de processos de fabricação	54
4.3.2 Principais processos de usinagem.....	56
4.4 O setor de usinagem computadorizado	57
4.4.1 Torno CNC Multiplic 40	57
4.4.2 Torno CNC Multiplic 30 D	58
4.4.3 Centro de Usinagem CNC D1250	59
5 ANÁLISE DE RESULTADOS	61
5.1 Análises das performances das máquinas, utilizando indicadores de desempenho médio do setor	61
5.1.1 Torno CNC Multiplic 40	61
5.1.2 Torno CNC Multiplic 40	62
5.1.3 Centro de Usinagem CNC D1250	63
5.2 Evidenciar os fatores relevantes referentes aos impactos da inovação tecnológica	65
5.3 Análise do Lead time de produção	67
5.4 Análise da qualidade final dos produtos acabados.....	68
5.5 Avaliação do custo de produção	69
6 CONCLUSÃO	71
REFERÊNCIAS	74
ANEXO	80

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Ao longo das últimas décadas, as mudanças estruturais e tecnológicas, produtivas e organizacionais apresentam-se cada vez mais dinâmicos e imprevisíveis, onde a concorrência pode assumir escalas globais; as organizações necessitam ter agilidade para atender a seus clientes com prazos cada vez menores, com preços sugestivos e produtos ou serviços de qualidade; visando ao aumento da produtividade, competitividade e à constituição de um mercado de trabalho cada vez mais competitivo e seletivo.

Devido à grande competitividade dos mercados, atualmente as empresas estão buscando reduzir seus custos por meio das melhorias da qualidade, flexibilidade, variedade de produtos e inovação (CHEUNG; XU, 2012).

Para as organizações manufatureiras, o cenário não difere e, em geral, se enfrenta um mercado competitivo em medida nunca vista anteriormente, sendo primordial ter agilidade para atender a seus clientes com prazos cada vez menores, preços competitivos, produtos ou serviços de qualidade e a busca de redução de custos (QIAN; ARIEH, 2008; DANIELA et al., 2009).

Esta também é a realidade das empresas que utilizam processos de usinagem nos quais os custos de fabricação de seus produtos são altamente influenciados pela abordagem de gestão adotada. Portanto, a busca pela redução de custo de fabricação e/ou de aumento de produtividade é uma preocupação constante para este tipo de empresa (SILVA et al., 2004; SHARMA et al, 2009).

Deste modo, as empresas precisam atender a seus clientes, fornecendo produtos ou serviços com os melhores níveis de qualidade, com preços competitivos, com rapidez na entrega, com flexibilidade para atender a algumas solicitações de alteração no produto, além de ter que criarem critérios competitivos, que se traduzam em ações estratégicas utilizadas para diferenciá-los da concorrência. A busca da competitividade se faz por vários caminhos, um deles é em relação aos investimentos, seja em novos equipamentos, novas tecnologias, capacitação de pessoal, enfim com a redução do custo da manufatura (BRICHESI, 2013).

Atualmente, a tecnologia está inserida no dia-a-dia das pessoas do mundo inteiro. Nas organizações, ela se faz presente e é necessária em todos os setores, perpetrando com que as

empresas e seus fornecedores se adaptem à realidade tecnológica através de investimentos em novas máquinas, estratégias e aperfeiçoamento técnico contínuo.

A evolução tecnológica dos processos de usinagem tem recebido diversas modernizações, o que faz com que as organizações se concentrem em esforços na busca de uma melhor condição de processo que reflita na qualidade final do produto, resultando num custo mínimo de fabricação.

As organizações não devem focar somente em economia e redução de custos, entendendo que só assim se manterão vivas no mercado. Uma empresa precisa e deve conquistar uma boa participação de mercado. Para isso, deve desenvolver um diferencial de competitividade, seja oferecendo algo que seus concorrentes também oferecem, mas que aos olhos do cliente resulta em benefícios superiores; ou oferecendo algo que os concorrentes não podem oferecer, e que o cliente esteja disposto a pagar algum dinheiro extra para obtê-lo.

Tendo em vista a relevância da inovação de tecnologias para a geração de competitividade industrial e para o desenvolvimento econômico e admitindo-se que é ela a responsável em determinar a dinâmica industrial, nesse trabalho abordaremos a viabilidade de inovação tecnológica de uma empresa metal-mecânica em Maceió – Alagoas.

Neste encadeamento temático, partindo-se do pressuposto de que as estratégias das empresas centradas na inovação tecnológica são o cérebro do comportamento de empresas competitivas, a inovação vem se tornando elemento central nos discursos cada vez mais constantes no dia-a-dia das organizações, visando estabelecer meios, desde como aumentar a produtividade, até em como afrontar crises diversas, criando condições para se desenvolver continuamente, por meio da melhoria de processos e geração de conhecimento. O paradoxo da inovação consiste na constatação de que, apesar do consenso quanto à sua relevância para a diferenciação no mercado, ainda é incipiente o conhecimento acerca da forma como fazer da inovação o instrumento para a competitividade (SCHERER; CARLOMAGNO, 2009).

Pela relevância da inovação tecnológica para a geração de competitividade industrial e para o crescimento econômico e admitindo-se que é ela a responsável em determinar a dinâmica industrial, este trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade de inovação tecnológica do processo de produção de uma empresa metal-mecânica da região de Maceió, localizada em Alagoas. Cumpre destacar que a matriz econômica da região de Maceió é constituída por uma rede de organizações industriais complementares, formando um conjunto integrado e complexo. O setor metal-mecânico detém grande importância no cenário industrial alagoano pela relação direta que estabelece com as indústrias sucroenergéticas, pois

suas oscilações estão em razão direta com o desempenho do referido setor.

Muitos estudos corroboram a percepção de que a tecnologia exerce um papel relevante no desenvolvimento da inovação (OCDE, 2005; TIDD, BESSANT, 2009;). Porém, vale salientar que as oportunidades tecnológicas são reconhecidas e exploradas de maneiras diferentes entre as organizações, sendo convergente a verificação de que os colaboradores representam um “recurso-chave de uma empresa inovadora” (OCDE, 2005). Entretanto, vale ressaltar que, na indústria brasileira, o desenvolvimento e absorção de tecnologia, por meio da aquisição de máquinas e equipamentos, continuam sendo a atividade de maior relevância atribuída à Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (IBGE, 2010).

Essa nova dinâmica é o caminho para a construção de processos mais eficientes, mas carrega consigo uma grande carga de responsabilidade, pois acompanhar a velocidade dessas mudanças não é fácil. Um volume crescente de informações surge a cada dia, o que demanda mais e mais tempo.

Nos últimos anos, constatou-se uma grande evolução tecnológica na área metal-mecânica, mais precisamente na área de usinagem, ocorrendo grandes transformações nas máquinas operatrizes antigas, manuseadas tão somente pelo operador, até a introdução de máquinas modernas com comando computadorizado, tendo capacidade de executar trabalhos de geometria mais complexos, os quais, manualmente, seriam impossíveis de realizar.

Na indústria metal-mecânica, grande parte dos produtos industrializados, em alguma etapa da produção, sofre algum processo mecânico de usinagemⁱ. Dentre os mais comuns, utilizados nas organizações de manufatura, de acordo com Groover (2014), são: torneamento, furação e fresamento. Aplaimento, brochamento e serramento são outras operações de usinagem deste grupo.

A evolução das máquinas-ferramenta e, em particular dos tornos automáticos CNC (Controle Numérico Computadorizado), tanto em termos de rigidez como de produtividade, foi concomitante à evolução das ferramentas de corte. A procura por uma ferramenta ideal para cada tipo de material a ser usinado dentro das novas condições de trabalho foi desenvolvida graças a várias pesquisas feitas pelos fabricantes de ferramentas de corte. Assim, foram desenvolvidos novos materiais e novas tecnologias construtivas das ferramentas em função dos materiais a serem trabalhados.

No cenário global, os investimentos em tecnologia podem e devem proporcionar às empresas manufatureiras um considerável aumento em seu nível de competitividade perante a concorrência, além de desenvolver um diferencial de competitividade com o intuito de abrir

novos mercados, fazendo com que eleve sua participação e criando maior visibilidade.

Especula-se que o processo de inovação se aplique mais às inovações de processo e às inovações organizacionais do que nas inovações de produtos. O tipo de inovação a ser escolhido dependerá da estratégia do negócio. Entre as principais consequências da adoção da inovação nas organizações, está a geração de valor em processos dentro de determinadas atividades, visto que assim é possível aumentar o nível de competitividade e manter-se no mercado (PARAGINSKI, 2014).

1.2 O problema da pesquisa

O processo de inovação tecnológica representa uma alternativa estratégica na busca de obter vantagens competitivas diante de um mercado cada vez mais exigente. A habilidade de realizar inovações tecnológicas tem que ser de modo sistemático e estruturado, por ela uma organização busca se diferenciar sobre os concorrentes em termos de custo, qualidade e produtividade.

É neste contexto de inovação tecnológica, que o presente trabalho pretende atuar, abordando a análise da viabilidade de inovação tecnológica no processo produtivo. Diante dessa conjuntura, a pesquisa busca responder à seguinte questão problema: É viável para uma empresa metal-mecânica investir em inovação tecnológica?

1.3 Justificativa do trabalho

Para se manter no mercado competitivo é importante que a empresa tenha um programa de aquisições de novas tecnologias emergentes, procurando obter um diferencial de mercado em seu produto, que pode ser visualizada de diversas formas, como, por exemplo: apresentação de melhor preço, melhor qualidade, melhor durabilidade, um estilo ou design diferenciado, entre outros. Porém, nem sempre é possível utilizar este tipo de estratégia somente com criatividade de projeto; é importante acompanhar a modernização de maquinário e ferramentas disponíveis com as inovações tecnológicas no setor produtivo, que podem proporcionar às empresas a criação de algo novo e diferenciado, de forma rápida e eficiente.

No aspecto produtivo, a fabricação de produtos normalmente é limitada ao que o maquinário e a tecnologia disponível na empresa são capazes de realizar. No sistema produtivo da manufatura comumente utilizado no ramo manufatureiro é aquele que para cada

etapa do processo é utilizada uma ou mais máquina, ou seja, um produto com muitos detalhes deve passar por diversas máquinas até chegar em sua forma final, o que pode consumir muito tempo, mão de obra, entre outros.

A busca por novas tecnologias em maquinários é capaz de possibilitar a produção de novas peças mecânicas de forma rápida, eficiente e com qualidade. As inovações tecnológicas no setor de produção podem ser um grande fator para manter a competitividade e conseguir atender a novos clientes. A produção pode ser aprimorada se utilizar novas tecnologias de processo que sejam competitivas e eficientes. Essas tecnologias devem ser adquiridas de acordo com a estratégia competitiva da empresa (custo, velocidade de produção/entrega, qualidade, entre outros), para que possa criar uma vantagem competitiva, o que pode possibilitar o desenvolvimento de produto mais rápido, eficiente e eficaz (HAYES et al., 2008).

A inovação consiste em um composto de diversos elementos que auxiliam e desenvolvem a sustentação do relacionamento da empresa com seus clientes, porém para que essa relação gere resultados satisfatórios, é necessário um eficiente processo de gestão das ações inovadoras (PAREDES et al., 2014).

Tendo em vista a importância da inovação tecnológica para a geração de competitividade industrial e para o crescimento econômico, admite-se que é ela a responsável em determinar a dinâmica industrial. A proposta deste estudo também se justifica pela interconexão do setor metal-mecânico com as empresas sucroenergéticas predominantes nesta região, que elevam a importância e o compromisso social no contexto da matriz de produção industrial alagoana.

1.4 Objetivo geral

- Analisar a viabilidade de inovação tecnológica do processo de produção de uma empresa metal-mecânica.

1.5 Objetivos específicos

- Avaliar as variáveis dos equipamentos, utilizando indicadores de desempenho médio do setor da produção a partir dos parâmetros de usinagem.
- Evidenciar os impactos da inovação tecnológica.
- Realizar um estudo comparativo entre dois sistemas produtivos.

1.6 Estrutura do trabalho

Para abordar o tema apresentado, o trabalho está estruturado e organizado em seis capítulos, cujos conteúdos são descritos conforme segue.

O capítulo 1 demonstra, de forma geral, o tema selecionado para a pesquisa, apresentando o problema, o objetivo geral, os objetivos específicos, a justificativa e a estrutura da dissertação.

No capítulo 2 são abordados aspectos referentes as etapas da inovação tecnológica nos processos produtivos, especificamente na área da usinagem. Em seguida, é apresentado os tipos e conceitos dos processos de fabricação por usinagem de metais e ligas metálicas. Aqui, também, é apresentado as máquinas por comando CNC e ferramentas de usinagem mecânica. É realizado um enfoque sobre a viabilidade técnica nos processos de usinagem. Ainda, no referencial teórico, são abordados aspectos referentes à medição de processo, em seguida às ferramentas da MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade) para análise dos indicadores de desempenho.

O capítulo 3 é destinado à metodologia da pesquisa. É apresentada a metodologia utilizada para a realização do trabalho de pesquisa.

O capítulo 4 apresenta o estudo de caso, onde é realizada e apresentação da empresa estudada, para, a partir de então, relatar as observações levantadas dentro da empresa e os levantamentos dos dados da pesquisa.

O capítulo 5 apresenta a análise de resultados levantados a partir do estudo de caso. Neste capítulo, ainda, é apresentado o resultado da pesquisa, juntamente com algumas propostas de melhorias.

O capítulo 6 expõe as considerações finais resultantes da pesquisa desenvolvida, concretizando as recomendações, para que a organização esteja sempre atenta aos novos recursos tecnológicos e contribuindo para a resolução de possíveis problemas relacionados ao tema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Inovações tecnológicas nos processos produtivos

A todo o momento, novas tecnologias estão surgindo. Todos os anos, são lançados novos produtos. Máquinas com tecnologia avançada são inseridas no mercado, buscando sempre uma diferenciação no setor de atuação. Por outro lado, a evolução da tecnologia também vem alterando profundamente as formas de trabalho.

Na década de 70, tiveram início as novas tecnologias, numa época marcada por uma crise econômica, que obrigou as empresas a deixarem de produzir grandes lotes de produtos padronizados, as quais passaram a produzir lotes menores de produtos diversificados para atender às demandas específicas.

Assim, surgiram novos conceitos de produção, novas necessidades de integração, novas formas de organizar a produção que elevam bastante à produtividade, de forma que as indústrias pudessem atender ao mercado pouco previsível e com alta instabilidade. A tecnologia pode ser definida como a utilização da ciência para prover a sociedade dos elementos necessários à sua sobrevivência e a seus anseios (GROOVER, 2014).

Os processos tecnológicos mais recentes têm procurado, além da melhoria da produtividade e da qualidade, a redução de custos e de efeitos negativos ao meio ambiente (BANDEIRA, 2007). Concomitante, as novas tecnologias exigem trabalhadores mais versáteis, capazes de compreenderem o processo de trabalho como um todo, dotados de autonomia e iniciativa para resolverem problemas em equipe. Será cada vez mais necessária a capacidade de se comunicar e se reciclar continuamente, de buscar e relacionar informações diversas.

A tecnologia é normalmente a consequência da ciência e da engenharia, incorporada como uma fábrica completa desmembrada como um grupo de projetos, pois é um processo que envolve o conhecimento técnico e científico, bem como a aplicação deste conhecimento através de sua transformação no uso de ferramentas, processos e materiais criados e/ou utilizados a partir de tal conhecimento.

O desenvolvimento e lançamento de novos produtos ou processos são cada vez mais importantes nos dias de hoje e requerem maior atenção e importância, pois têm um papel muito preponderante na sobrevivência, manutenção ou crescimento de uma empresa; na forma como está, vai se adaptando às mudanças nos mercados. Assim, as organizações

precisam obter conhecimento de fontes variadas: fornecedores, concorrentes, clientes, laboratórios públicos, das universidades, licenciadores. E as ideias significam o ponto de partida do desenvolvimento, sendo uma dimensão dependente de vários fatores para sua viabilização.

Dessa forma, esse conhecimento precisa ser utilizado, sintetizado ou modificado de tal forma que preencha os requerimentos específicos desta organização, através de constantes estudos de pesquisas em diversos tipos de fonte, visando combinar recursos para produzir produtos desejados. A obtenção de conhecimento do todo é de suma importância para uma evolução tecnológica; o resultado é o surgimento de ramos científicos bem específicos e especialmente destinados ao aperfeiçoamento da tecnologia.

A tecnologia utilizada por uma organização é o conjunto de conhecimentos necessários para se conceber, produzir e distribuir bens e serviços de forma competitiva, o que engloba todos os conhecimentos relacionados às atividades da empresa. Assim, as novas tecnologias saem de dentro das organizações através das pesquisas, experimentos teóricos e práticos.

Portanto, quando do desenvolvimento interno de uma tecnologia ou novo produto em uma empresa, as pessoas, dentro da própria empresa, iniciam uma busca profunda de novos recursos tecnológicos, ou seja, uma competência da organização no campo daquela tecnologia ou novo produto, extrapolando o conhecimento ou a competência individual das pessoas que fazem parte daquele meio ambiente.

Quando se fala em empreendedorismo, nada mais natural que ligar o tema às criações de novas empresas, que começam pequenas, aos poucos vão se formando, e algumas conseguem atingir o sucesso. Assim, entende-se que o empreendedorismo é um processo para dar início e desenvolvimento a um negócio ou conjunto de atividades que levem à criação de novos empreendimentos de sucesso.

Empreendedorismo é o processo de criar algo novo com valor, dedicando o tempo e esforço necessários, assumindo os riscos financeiros, psíquicos e sociais correspondentes e recebendo as consequentes recompensas da satisfação e da independência financeira e pessoal (HISRICH et al., 2014).

O termo empreendedorismo não está relacionado somente à criação de nova empresa, mas, também, inserido dentro de uma organização, recebendo o nome de intraempreendedor. Os empreendedores permitem que surjam várias inovações de produtos/serviços capazes de manterem sua competitividade no mercado para ampliarem suas oportunidades de negócio. O

intraempreendedor é o sonhador que concebe como transformar uma ideia em uma realidade lucrativa.

O avanço tecnológico trouxe, nos últimos tempos, uma série de vantagens para a vida do homem, tais como descobertas de novos medicamentos, meios de transporte, comunicação, entre outros. A área metal-mecânica foi uma das que mais evoluiu tecnologicamente, devido ao fato da grande necessidade de redução nos tempos de produção, tornando essa produção mais rápida e produzindo em maiores quantidades, a fim de manter a empresa competitiva no mercado de atuação e conseguir atender novos clientes.

Na área da manufatura, obtiveram grandes avanços. Percebe-se que as operações que demandavam horas no passado, foram reduzidas a minutos, isso devido às inovações introduzidas no mercado, advindas de grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

Atualmente, o projeto de máquinas-ferramentas para usinagem com ferramentas de geometria definida, aponta para três áreas de desenvolvimento distintas. A primeira voltada para obter a máxima flexibilidade de produção, sendo caracterizada pelas máquinas do tipo *hexapot*; a segunda caracterizada pela maximização da taxa de remoção, a qual forma a base da *High Speed Machinnig* (HSM) ou *High Speed Cutting* (HSC); e a terceira voltada para atender às necessidades de obtenção de alta exatidão dimensional, geométrica e elevada qualidade superficial, ou seja, para a ultraprecisão.

No que se refere à inovação e evolução tecnológica nas indústrias metal-mecânicas, as grandes transformações surgiram no setor de usinagem, passando por várias fases distintas; a evolução da manufatura se deu pelo progresso tecnológico de máquinas e equipamentos, assim como pelo desenvolvimento de novas soluções tecnológicas em termos de materiais, geometrias e sistemas de ferramentas.

Neste sentido, assume-se como verdadeiro que o progresso tecnológico se constitui em um elemento ativo no crescimento de um determinado setor no qual a introdução da tecnologia proporcionou um grande avanço no desenvolvimento das máquinas operatrizes e nas diversas ferramentas utilizadas durante o processo de usinagem.

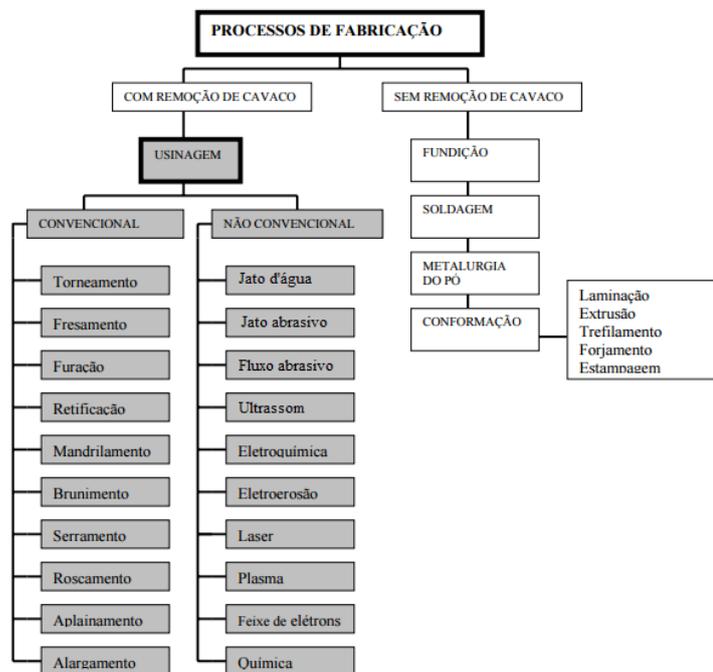
Dessa forma, pode-se assegurar que a reestruturação pela qual passou o setor metal-mecânico compreendeu a adoção de novas tecnologias e procedimentos produtivos mais modernos. Este fato garantiu o progresso técnico, que foi a mola propulsora de sua expansão.

2.2 Processos de fabricação por usinagem

Os processos de usinagem são um dos mais importantes meios de transformação de matéria prima metálica da indústria; segundo a DIN 8580¹, aplica-se a todos os processos de fabricação onde ocorre a remoção de material sob a forma de cavaco.

Os processos de fabricação de metais e ligas metálicas podem ser divididos em: com remoção de cavaco; e sem remoção de cavaco. A figura 1 mostra a classificação dos processos de fabricação, destacando as principais operações de usinagem.

Figura 1 – Classificação dos processos de fabricação



Fonte: Groover; (2014)

A ação predominante de corte na usinagem envolve a deformação por cisalhamento do material trabalhado para formar o cavaco, porção de material da peça retirada com o auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes², caracterizando-se por apresentar forma irregular. Conforme o cavaco é removido, uma nova superfície é exposta. A usinagem é aplicada mais frequentemente para dar forma aos metais, ou seja, operação que confere à peça: forma,

¹ Norma Técnica DIN 8580 - Classifica os vários processos de fabricação.

² Denomina-se ferramenta de usinagem mecânica a ferramenta destinada à remoção de cavaco. No caso de possuir uma única saída, a ferramenta é chamada ferramenta monocortante; quando possuir mais de uma superfície de saída, é chamada ferramenta multicortante.

dimensões ou acabamento superficial, ou ainda uma combinação destes. Dessa forma, a maior parte de todos os produtos industrializados em alguma de suas etapas de produção, direta ou indiretamente, sofre algum processo de usinagem.

Assim, a usinagem se faz presente na fabricação de vários produtos de diferentes ramos setoriais. Representa uma avançada tecnologia de produção, é considerado o processo de fabricação mais popular do mundo, transformando em cavacos uma média de 10% de toda produção de metais, e empregando milhões de pessoas em todo o mundo.

Apesar dessa popularidade, trata-se, ainda, de um processo bastante imprevisível, e a definição paradoxal que se segue relata com precisão toda a sistemática que envolve o mesmo: “É um processo, complexo e simples ao mesmo tempo, onde se produzem peças, removendo-se excesso de material, na forma de cavacos”. É “complexo” devido às dificuldades em se determinar as imprevisíveis condições ideais de corte. É “simples” porque, uma vez determinadas as condições ideais de corte, o cavaco se forma corretamente, dispensando qualquer tipo de ação especial do operador (MACHADO et al., 2009).

As condições ideais de corte ou parâmetros de usinagem³ são funções do processo de usinagem, da máquina ferramenta, do tipo de material a ser usinado e da ferramenta de corte utilizada. Os parâmetros de corte relacionados ao processo de usinagem e à máquina ferramenta são: a velocidade de corte, velocidade de avanço, rotações por minuto e profundidade de corte. Para a ferramenta de corte, os parâmetros são: o material, a forma e a geometria da ferramenta; e para o material a ser usinado: a composição química, dureza e tipo de tratamento superficial. Estas condições ideais de corte são aquelas capazes de produzirem peças dentro de especificações de forma, tamanho e acabamento ao menor custo possível (MACHADO et al., 2009).

A otimização do processo de usinagem consiste na redução de custos e de tempos de fabricação, por meio do emprego de novas tecnologias de fabricação, ou por meio da adequação das condições de corte.

Sendo a usinagem um processo de fabricação por remoção de cavacos, então, todo processo em que há uma peça bruta que, após ser removido material em forma de cavaco de seu interior e exterior, formando uma peça com superfícies desejadas, detalhadas e acabadas de forma que satisfaça plenamente ao cliente, é considerado um processo de usinagem

³ Parâmetros de corte - São grandezas numéricas que definem, na usinagem, os diferentes esforços, velocidades, etc., a serem empregados.

(SANTOS; DIAS, 2010).

Os processos de transformação de metais e ligas metálicas em peças para utilização em conjuntos mecânicos são inúmeros e variados; os processos mais tradicionais são os convencionais como torneamento, furação, fresamento, entre outros. Entre os não convencionais, podem-se citar a eletroerosão, laser, plasma.

A cada dia, surge uma nova tecnologia de usinagem. Atualmente, a mais aplicada está sendo a de altíssimas velocidades de corte HSC ou HSM (é a mais avançada tecnologia de usinagem que temos à disposição). Essa tecnologia teve seu surgimento na década de 70 a mesma consiste em substituir um processo de poucos passes, pesados e lentos por muitos passes leves e com altas velocidades de corte. O processo HSM consiste em submeter o material a cortes, desbastes ou acabamentos em velocidades de cinco a dez vezes maiores do que as utilizadas em usinagens convencionais.

O estudo dos processos de usinagem com altíssimas velocidades de corte torna-se estratégico para o desenvolvimento tecnológico do país e das indústrias aqui instaladas, possibilitando a conquista ou manutenção da competitividade em nível internacional. Para isso, no entanto, é necessário um programa de médio em longo prazo, para que a tecnologia possa ser plenamente desenvolvida e incorporada aos sistemas produtivos.

A usinagem com alta velocidade de corte é uma das novas tecnologias que pode garantir maior produtividade, redução dos custos, flexibilidade da produção, melhor qualidade superficial e dimensional, além do uso de novos materiais em curto espaço de tempo. A usinagem altamente eficiente é a chave para a obtenção de resultados bem sucedidos do sistema de manufatura ágil, com melhoria da flexibilidade até seu limite sem reduzir a produtividade.

A busca do conhecimento do processo de usinagem em altas velocidades é de suma importância para as empresas e as pessoas interessadas. Esse processo iniciou-se em 1931, com os experimentos realizados por Carl J. Salomon, na Alemanha. Utilizando-se de serras circulares de grandes diâmetros, o pesquisador atingiu elevadas velocidades de corte durante a usinagem de materiais não ferrosos, principalmente, o alumínio. O resultado fundamental de seu trabalho, *a priori*, foi a redução da temperatura de usinagem com o aumento da velocidade de corte. Desde aquela época, até os dias atuais, essa tecnologia é desenvolvida em todo mundo, com grande potencial para um futuro próximo.

Entretanto, como se tem observado, o caso de outras realizações nas inovações tecnológicas e a transformação de conhecimentos resultantes de pesquisas em produtos

industriais ocupa tempo relativamente longo. Em particular, nesse caso, o período foi de aproximadamente 60 anos até o surgimento de novas máquinas/ferramentas, em meados dos anos 80, com concepção e componentes voltados à aplicação do processo de usinagem em altas velocidades.

Atualmente, estudos apontam que a viabilidade econômica da usinagem com alta velocidade de corte já está comprovada de modo satisfatório. Os desenvolvimentos futuros serão concentrados principalmente na área das máquinas HSM e nas tecnologias de usinagem. A tecnologia HSM não deve ficar limitada apenas a determinados campos de utilização, mas esta técnica deve ser mais desenvolvida e empregada especialmente para usinagem seriada. Os setores pioneiros a introduzirem essa tecnologia HSM em suas cadeias produtivas foram os setores automotivos e aeroespaciais.

A usinagem tem ainda a peculiaridade de ser um processo essencialmente prático, envolvendo um número de variável bastante grande. De acordo com Shaw et al. (1960), resume-se o problema da seguinte maneira: “[...] é praticamente impossível prever o desempenho no corte dos metais. Entretanto, isto não quer dizer que estudos detalhados dos processos de usinagem não têm valor”. Segundo Machado et al. (2009), cada ponto fundamental que é detalhadamente estudado e propriamente interpretado contribui para o entendimento do processo, e entendimento é o passo mais próximo da capacidade de prever.

As máquinas ferramenta numericamente controlada surgiram para aprimorar, otimizar, agilizar e garantir maior precisão dimensional e geométrica da peça em operações complexas de usinagem e menor índice de erros. No cenário atual, os tornos, as fresadoras e os centros de usinagem garantem a melhor opção para os mais diversos desafios de usinagem. Juntamente com as máquinas, as ferramentas de corte utilizadas possuem papel decisivo para a garantia do serviço com qualidade e produtividade. Na sequência, será destacada a evolução das máquinas operatrizes desde o seu surgimento até a introdução da tecnologia, visando atingir grandes rendimentos operacionais.

2.3 Máquinas por comando CNC

Cumprе ressaltar, antes de analisar no que consiste uma máquina CNC (Controle Numérico Computadorizado), que as organizações na busca da diversificação de produtos foram dadas ênfase à tecnologia, procurando o aumento e sofisticação dos sistemas de produção (máquinas de controle numérico, robôs, computadores e outros), no sentido de

acompanhar a necessidade do mercado por novos produtos, melhor qualidade, rapidez de entrega e preços competitivos, substituindo, então, os equipamentos convencionais por outros mais modernos e ágeis. Assim, desde o surgimento do comando numérico, em meados do século XX, diversas indústrias, em especial a aeronáutica e automotiva, vêm auferindo ganhos significativos com a utilização dessa tecnologia.

CNC é um controlador numérico que admite o controle de máquinas, comporta o controle simultâneo de vários eixos, através de uma lista de movimentos escritos num código específico “código G⁴”. Na década de 40, foi desenvolvido o NC (Controle Numérico) que evoluiu posteriormente para CNC. O circuito que integra a máquina e ferramentas ao CNC é denominado como interface (FERES, 2010), conforme ilustrado na figura 2.

Figura 2 – Interface CNC



Fonte: <<http://www.siemens.com.br>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

A utilização de CNC permite a produção de peças complexas com grande precisão, especialmente quando associado aos programas de CAD (Computer Aided Design) e CAM (Computer Aided Manufacturing).

Uma máquina-ferramenta numericamente controlada é composta basicamente da unidade de comando (onde está armazenado todo o *software* usado e onde são processados todos os cálculos do sistema), máquina propriamente dita (estrutura e cadeia cinemática) e os acionamentos (servomecanismo) responsáveis pelos movimentos dos eixos.

O CNC é um comando eletrônico dotado de um painel alfanumérico que, através de letras e números e de sua extensa memória, permite o armazenamento de dados para, posteriormente, com estes, comandar uma máquina operatriz. Sua aplicação no controle de

⁴ Código G - É um nome comum para a linguagem de programação que comanda máquinas operatrizes de Controle Numérico Computadorizado, que tem muitas implementações. Usado principalmente na automatização, faz parte do ramo da engenharia assistida por computador. Foi desenvolvido no início da década de 1960 pela Aliança das Indústrias Eletrônicas, e uma revisão final foi aprovada em fevereiro de 1980 como RS274D.

máquinas-ferramentas permite a realização de tarefas repetitivas e de grande complexidade, possibilitando a reprodutibilidade de produtos de variadas formas geométricas. Além disso, empresas que produzem com alta diversificação e em pequenos lotes usufruem muito da flexibilidade inerente a esses equipamentos.

Para que possamos colocar uma máquina à CNC em funcionamento, é necessário que se estabeleça um diálogo com o equipamento. Todo comando acoplado em uma máquina à CNC, necessita de um meio de comunicação entre o programador e a máquina. Essa comunicação é feita por meio de códigos ou símbolos padronizados e recebe o nome de linguagem de programação.

O comando numérico conduz e controla a operação, dando a ordem de execução de percurso, fazendo com que os eixos da máquina se desloquem automaticamente, seguindo uma linha de comando previamente programada. A função mais básica de qualquer máquina CNC é o controle de movimento automático, preciso e consistente.

As máquinas operatrizes modernas, antes movimentadas manualmente pelo operador, trabalham apenas assistidas pelo mesmo, intervindo este só nos casos de um eventual problema na sequência operacional automática. Tempos passivos (onde não há formação de cavacos) foram enormemente diminuídos.

Atualmente, o mercado dispõe de vários tipos de máquinas CNC, como Tornos, Fresadoras, Centros de Usinagem e Centro de Torneamento. Esse último é o mais procurado pelas empresas interessadas devido à sua alta eficiência e eficácia operacional.

2.3.1 Torno CNC

O torno mecânico é um exemplo de máquina que teve constantes evoluções desde o seu surgimento. É uma das máquinas mais conhecidas no mercado metal mecânico. Já o torno CNC é basicamente um torno com controle numérico computadorizado construído inicialmente para produção de peças de revolução ou cilíndrica que vem dotado de duas bases, que são chamadas de barramento sobre as quais correm dois eixos; sendo um o eixo X (movimento transversal) e outro o eixo Z (movimento longitudinal).

O desenvolvimento tecnológico se deu devido às mudanças de conceitos, visando aumentar a produtividade, simplificar as tarefas e melhorar a qualidade dos serviços e produtos. Desde o surgimento do primeiro torno projetado, passou-se pelo torno universal, revólver, copiador e automático até a chegada do torno CNC. Em cada um desses passos,

foram adicionadas simplificações de tarefas e/ou aumento da produtividade. No entanto, nenhuma dessas soluções oferecia a flexibilidade necessária à fabricação dentro dos conceitos mais modernos, onde os lotes de peças são cada vez menores e mais diversificados.

Com a evolução da informática, da eletrônica, dos componentes mecânicos e das ferramentas de corte, os tornos CNC tiveram um enorme avanço tecnológico, proporcionando a possibilidade de produzir peças de alta complexidade de forma completa, eliminando operações secundárias.

A questão da necessidade, pode-se dizer que impulsionou cada vez mais o desenvolvimento da tecnológica, constata-se que há uma preocupação em desenvolver máquinas capazes de produzir rapidamente peças complexas e de diferentes geometrias, estabelecendo um conjunto de mudanças, tanto nos sistemas de manufatura responsáveis pela fabricação, como na definição do foco das indústrias em busca da maior relação custo-benefício, possível para seus produtos/serviços.

Figura 3 – Torno Horizontal CNC



Fonte: <<http://www.romi.com.br>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

2.3.2 Centro de Usinagem e Centro de Torneamento

Os centros de usinagem foram desenvolvidos com o intuito de substituir as fresadoras e até mesmo os tornos convencionais; apresentam flexibilidade de trabalho para múltiplas aplicações, desde produção até usinagem de moldes e matrizes. Os centros de usinagem foram adentrando lentamente nas indústrias para conciliar a produção destas.

Trata-se de um fenômeno recorrente no mercado de máquinas, pois nem todas as indústrias que compram máquinas novas o fazem apenas para reforçar a produção. Muitas aproveitam os momentos afluentes para substituir algumas máquinas antigas e assim melhorar a qualidade do produto, ou para aumentar a produtividade. (FERREIRA, 2008).

O Centro de usinagem é uma máquina-ferramenta desenvolvida para executar operações de torneamento e fresamento, que conta com um elevado grau de automatização, possibilitando controlar simultaneamente diversos eixos lineares e circulares, além de utilizar tanto ferramentas fixas como acionadas, com o objetivo de produzir peças complexas, por completo, com elevada precisão.

Em busca de uma maior eficiência, o centro de usinagem está sendo amplamente utilizado nos países industrializados da Europa, nos EUA, no Japão e no Brasil; essas máquinas já começam a estar presentes. Apesar de o investimento inicial ser maior do que em relação a um conjunto de máquinas convencionais ou mesmo CNC clássicas, os resultados em curto prazo são incontestáveis.

Figura 4 – Centro de Usinagem CNC



Fonte: <<http://www.romi.com.br>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

De acordo com Ferrari (2015):

O Brasil está vivenciando um rápido processo de desenvolvimento tecnológico na área de manufatura, porque as indústrias, além de fazerem um grande investimento, estão garantindo a qualidade dos seus produtos e aumentando sua produtividade, sendo conseqüentemente mais competitivas perante as concorrências. [...] existe a necessidade urgente das empresas de manufatura do setor metal mecânico de investir em modernas tecnologias, com máquinas de alto rendimento e que produzam peças com qualidade.

O sucesso dos centros de usinagem CNC levou ao desenvolvimento de centros de torneamento CNC. Centro de torneamento, também denominado torno multitarefa, é uma máquina-ferramenta de alto rendimento que conta com um elevado grau de automatização, possibilitando controlar diversos eixos lineares e circulares e utilizar tanto ferramentas fixas como acionadas, com o objetivo de usinar peças complexas com elevada precisão por completo, tudo sob o controle do computador.

Os principais segmentos da indústria que usam estes equipamentos são as indústrias de componentes automotivos, de telecomunicações, aeroespacial, hidráulica e pneumática, ferramentarias e, cada vez mais, na área médico-hospitalar, onde são utilizadas para a produção de peças como próteses, parafusos ortopédicos e implantes dentários.

Figura 5 – Centro de Torneamento CNC



Fonte: <<http://www.romi.com.br>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

Os principais motivos pelos quais os centros de torneamento são utilizados é a eliminação de operações posteriores, a realização de usinagens completas em uma única máquina, a obtenção de melhor precisão e maior produtividade, a redução da mão de obra, a diminuição significativa da ocupação de espaço, a redução dos gastos com a energia elétrica e, finalmente, a produção de peças a custos menores.

2.3.3 Máquinas CNC de alta velocidade HSM/HSC

As máquinas ferramenta de alta velocidade HSM/HSC se caracterizam por ser uma das novas tecnologias com parâmetros de corte muito elevados, como velocidade de corte e velocidade de rotação, o que permite diminuir custos e tempo de produção, além de proporcionar elevada qualidade superficial, podendo até suprimir as etapas posteriores de acabamento.

A evolução desta tecnologia exigiu também o desenvolvimento de novas ferramentas e de novos programas para controle das máquinas ferramentas com as características necessárias para a otimização do processo. A utilização da tecnologia HSM permite diminuir a sequência de processo necessária a fabricação de um produto; o ótimo acabamento

superficial na maioria dos casos elimina a necessidade de retificação e reduz bastante o tempo de polimento.

A tecnologia de máquinas para HSM está em constante desenvolvimento, buscando sempre máquinas com maiores velocidades de corte e com maiores velocidades de avanço. O objetivo é desenvolver máquinas que se diferenciem principalmente na ordem de grandeza dos parâmetros de corte, nas ferramentas e no sistema de controle, tendo, dessa forma, grande capacidade de remoção de cavaco. O limite de velocidades do que é HSM depende do material usinado. O que para um determinado material é HSM, para o outro não é. Cada fabricante de máquina tem a sua definição de HSM, e isso tem grande influência nas características das máquinas fornecidas pelo mesmo. Entretanto, existe um consenso de que as principais características de uma máquina HSM devem ser:

- Altas velocidades de corte.
- Altas rotações da árvore (acima de 10.000 RPM).
- Altas velocidades de avanço.
- Possuir altas acelerações.
- Alta rigidez (garantir movimentos de corte e avanço sem vibração).
- Grande precisão de posicionamento.
- Grande estabilidade térmica.

Estes atributos têm por objetivo proporcionar uma usinagem com alta taxa de remoção de material e gerar superfícies com ótima qualidade superficial. A alta eficiência de corte causada pelas altas velocidades de corte aliada à alta rigidez destas máquinas, possibilita também a usinagem de materiais endurecidos eliminando a necessidade de usinagem por eletroerosão e de se efetuar têmpera após a usinagem.

A máquina-ferramenta HSC diferencia-se de uma convencional basicamente pelos módulos construtivos: eixo-árvore de alta rotação, acionamentos de alta performance dinâmica, comandos numéricos extremamente rápidos, projetos de construção leve e sistemas de segurança.

Evidencia-se, também, que a tecnologia HSC está cada vez mais difundida devido às vantagens que proporciona, tais como: tempo de produção e custos reduzidos, excelente qualidade de acabamento e menor distorção da peça final, menor *stress* do material, entre outros. As inovações futuras são esperadas principalmente nesses componentes.

Figura 6 – Centro de Usinagem de alta velocidade CNC



Fonte: < <http://www.romi.com.br>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

A velocidade de produção conciliada com precisão de usinagem é o fator crucial para o sucesso de empresas que atuam em um ambiente de concorrência acirrada, capaz de alavancar vendas, em especial, por possibilitar o rápido atendimento às demandas do mercado, num momento em que parece existir uma aceleração dos lançamentos em alguns setores da indústria.

De forma particular, cada fabricante conceitua a máquina; as máquinas possuem suas particularidades que as tornam mais ou menos adequadas para determinada aplicação. Por outro lado, é complicado supor que não existe uma máquina ideal para todas as situações, assim, cabe às organizações solicitar que o fornecedor do equipamento estabeleça condições que possibilitem realizações de testes para poder fazer uma avaliação nos indicadores de desempenho do equipamento em aplicação determinada.

Entretanto, como o investimento na aquisição e manutenção em uma máquina desse porte é altíssimo, e a espera do retorno financeiro é em curto ou no máximo médio prazo, é fundamental para as organizações interessadas em adquirir tal equipamento fazer uma pesquisa sobre a viabilidade do projeto dos diferentes de todos os fornecedores deste tipo de máquina.

O primeiro passo do investimento deve ser o planejamento sistematizado de todas as etapas envolvidas na aquisição de novas máquinas ou componentes, assegurando que esta é a forma mais segura de garantir os resultados finais desejados. De acordo com Oliveira (2009), este é um processo que leva tempo, mas, quanto melhor for o planejamento, melhor será o resultado final do investimento e maior será o retorno que ele dará à empresa, é essencial que a empresa nunca pare de investir.

O êxito na realização do projeto está estritamente ligado à eficácia do planejamento prévio, para o sucesso do planejamento, é poder contar com o envolvimento e a cooperação de todos os setores: cliente, fornecedor de dispositivos e fornecedor de ferramentas. Desse modo, o investimento poderá alcançar seu objetivo: maximizar o retorno do equipamento.

Destaca-se que a busca pelo conhecimento da máquina é de suma importância, bem como dos acessórios, ferramentas e da assistência técnica, pois tudo isto influencia no bom desenvolvimento funcional da máquina, visando à perspectiva do retorno financeiro esperado pelas organizações.

Para que a máquina ou os componentes novos possam render ao máximo em suas operações, os profissionais do chão de fábrica que lidam diariamente com estes equipamentos também devem ser considerados, pois são elementos importantes no processo de usinagem. Desta forma, o treinamento e a capacitação dos operadores também devem ser contabilizados no projeto, pois quanto maior for o nível de tecnologia de uma máquina, mais conhecimento estes profissionais terão que possuir.

As empresas que investem em máquinas, ao invés de simplesmente comprarem equipamentos sem um planejamento concreto, têm mais chances de obter sucesso mesmo em mercados altamente competitivos.

Quando a empresa busca somente o equipamento mais barato, pode correr o risco de gastar mais no futuro com custos adicionais de manutenção, aquisição de uma máquina extra para alcançar a produtividade desejada, ou até mesmo com a queda na qualidade das peças produzidas (FERREIRA, 2009).

No entanto, seja comprando um novo equipamento ou substituindo uma máquina antiga, o importante é que a empresa esteja ciente de que há diferenças significativas entre comprar e investir em uma máquina, pois um investimento é considerado um custo alto. Porém, o mais importante é priorizar a qualidade dos produtos e não o valor destes, já que o público-alvo deste segmento, que é bem amplo, irá à busca do melhor produto.

Portanto, a indústria nacional necessita de um choque tecnológico para se modernizar, substituir os seus equipamentos obsoletos e promover um aumento de sua eficiência e melhoria da qualidade (FERRARI, 2015).

As inovações tecnológicas da usinagem não estão diretamente ligadas somente às máquinas-ferramentas; estão relacionadas também às ferramentas de corte. As ferramentas de corte estão evoluindo rapidamente em resposta às mudanças da demanda e do maior desafio das competitividades do setor num mercado cada vez mais exigente e globalizado.

2.4 Ferramentas de corte para usinagem

Nem sempre é possível se produzirem peças e componentes para máquinas e equipamentos em geral no formato ou com as dimensões de que se necessita para uma determinada aplicação. Uma das maneiras de se dar forma à peça é através de ferramentas de corte, que, basicamente, retiram material da peça na forma de cavacos até se obterem as dimensões e formas necessárias.

Para alcançar a produtividade máxima das operações, a escolha da ferramenta de corte exata deve ser encarada como parte essencial do planejamento da empresa e, se bem feita, pode resultar em um aumento significativo do nível de competitividade do produto no mercado.

Para poder satisfazer às exigências crescentes feitas à qualidade das peças e à viabilidade econômica do processo de fabricação, as ferramentas de corte devem ser usadas de forma econômica, para que as variáveis envolvidas na usinagem (geometria da ferramenta, condições de corte, material da peça, *etc.*) sejam consideradas quanto à sua influência e o seu efeito sobre o resultado do trabalho.

A ferramenta de corte correta diminui o tempo de fabricação da peça, aumentando a produtividade; dessa forma, fica evidente que as ferramentas de corte têm papel importantíssimo para o desenvolvimento tecnológico da usinagem e da necessidade de se usinarem novos materiais, uma vez que os fabricantes estão evoluindo constantemente a tecnologia destas.

Figura 7 – Pastilhas de Metal Duro para Usinagem



Fonte: <<http://www.fermec.com.br>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

Como as máquinas modernas estão aumentando a capacidade produtiva, tendo velocidades de corte altíssimas, as ferramentas de corte têm a obrigação de garantir o bom andamento do processo. Para sanar essa deficiência, são necessários os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas ferramentas de corte. Novos materiais para ferramenta e

novas geometrias da aresta de corte propiciam inúmeras particularidades que podem maximizar os resultados, suprimindo as necessidades dos clientes.

Basicamente, existe atualmente no mercado ferramentas compostas de aço rápido, carboneto metálico (metal duro), com ou sem revestimentos, cermet (um misto de cerâmica e metal), cerâmica convencional, que pode ser reforçada com fibras de silício, CBN (nitreto de boro cúbico) e diamante policristalino.

Hoje, pode-se encontrar no mercado grande número de fabricantes de ferramentas de corte o que gera uma forte concorrência e que, de certa forma, garante produtos de alta qualidade e preços satisfatórios.

A forte concorrência no mercado de ferramentas traz diversas opções ao consumidor que pode escolher o produto que lhe dará um custo e benefício satisfatório para sua empresa. Sendo assim, as empresas devem fazer o planejamento correto para não obterem prejuízos por comprarem produtos de péssima qualidade.

Por isso, quanto mais abrangente for o planejamento do investimento, incluindo os acessórios, menores serão as chances de surgirem falhas na usinagem do produto e menor será o desperdício de ferramentas, resultado de compras mal planejadas (FERNANDES, 2010).

Investimento bem feito é investimento previamente estudado. Para aproveitar as potencialidades da nova máquina e evitar futuras falhas de operação, a escolha do ferramental deve ser feita de forma consciente e planejada.

A importância de se escolher as ferramentas adequadas para cada tipo de máquina e produção, pois mesmo um equipamento sofisticado, se não for equipado com o ferramental apropriado, poderá ter seu desempenho comprometido. As máquinas que trabalham sem as ferramentas específicas para sua operação são como carros de alta potência que utilizam pneus carecas; estes equipamentos nunca poderão alcançar os resultados que se espera deles (FERNANDES, 2010).

O planejamento consiste em uma importante tarefa; muitas vezes, as empresas optam por adquirir ferramentas de corte com preços baixos, com qualidade muito inferior, conseqüentemente gerando mais prejuízos, do que se tivesse adquirido, desde o início, uma ferramenta com uma boa qualidade, porém com o custo mais elevado. Para Groover (2014), é conveniente iniciar considerando a vida útil da ferramenta de corte.

A vida útil de uma ferramenta pode ser definida como o tempo em que trabalha efetivamente, com capacidade normal de corte. O ideal é utilizá-la enquanto as peças produzidas apresentarem as especificações dimensionais e de acabamentos ideais, determinadas pelo projeto.

Dessa forma, destacamos a importância de se utilizar a ferramenta correta, da forma adequada para poder obter uma usinagem de alta precisão, com qualidade e eficiente, bem como para não comprometer ou danificar a ferramenta. Assim sendo, a escolha por uma ferramenta correta se dá através das particularidades da usinagem em todo seu processo, considerando máquina e material a ser usinado.

2.5 Viabilidade técnica nos processos de usinagem

A análise de viabilidade determina se um produto ou serviço é exequível ou não, ou seja, ao analisar o mercado, é possível adaptar-se às suas constantes mudanças e identificar suas tendências. Através de uma ferramenta⁵, os resultados a serem alcançados podem ser definidos, assim como as ações para se atingir a competitividade.

O objetivo de uma análise de viabilidade é que se possa corroborar para que elementos do seu segmento possam ser colocados juntos, de uma maneira adequada o suficiente, para expor aos outros.

No mercado atual globalizado, as organizações podem oferecer seus produtos e serviços em qualquer parte do mundo, fazendo com que passem de locais para globais. O processo inevitável da globalização promove a concorrência internacional, acelera a evolução tecnológica com o objetivo de aperfeiçoar a qualidade dos produtos/serviços e reduzir custos.

Para sobreviver nesses mercados cada vez mais competitivos, a empresa precisa perseguir e alcançar altos níveis de qualidade, eficiência e produtividade, eliminando desperdícios e reduzindo custos (MARTINS; LAUGENI, 2005). Tendo em vista à grande oferta de produtos e serviços, o consumidor, por sua vez, torna-se mais exigente, buscando produtos com qualidade superior e baixo custo.

No caso da viabilidade técnica⁶, é aquilo que faz referências e obedecem às características tecnológicas, de inovação e de qualidade envolvidas em um determinado processo que devem ser avaliados, a fim de melhorar a competitividade junto a seus concorrentes (MOREIRA, 2008).

A análise da viabilidade técnica visa adequar diferenciais de competitividade entre as empresas de um determinado mercado que devem ser analisadas e formuladas para a

⁵ Plano de Marketing - É o planejamento detalhado das ações necessárias da empresa, para atingir um ou mais objetivos.

⁶ Viabilidade técnica - Característica das especificações de projeto ou processo que o tornam exequível.

qualidade dos produtos ou serviços, flexibilidade, variedade de produtos e inovação, enquanto que os custos devem ser reduzidos, a fim de proporcionar vantagens competitivas em relação a seus concorrentes (MARTINS; LAUGENI, 2005; LUIZA et al., 2008; MAIA et al., 2010; CHEUNG; XU, 2012).

Por outro lado, existe a possibilidade de outros indicadores diretos e/ou indiretos de serem medidos de forma técnica, são: o tempo de disponibilidade de máquina, a redução do número de ferramentas consumidas, o aumento de produtividade, a redução do tempo de setup⁷, o aumento de produção, *etc.* (MIRANDA et al., 2010; REIS; ALVES, 2010).

O processo de melhoria contínua da qualidade traz redução de custos e consequentes vantagens competitivas. Dessa forma, as questões referentes ao meio ambiente e à qualidade do produto podem ser avaliadas de forma técnica ou econômica, pois seus aspectos poderão refletir nos produtos, processos e até mesmo no próprio sistema de gestão da qualidade.

No que se refere às questões de sustentabilidade e do meio ambiente, as mesmas estão sendo discutidas, e o avanço da eficiência e da produtividade pode ser subsídio extraordinário para as melhorias das questões ambientais por meio de uma produtividade sustentada, aumento do desempenho e, ao mesmo tempo, um menor uso de recursos e necessidade de investir em equipamentos com tecnologias atualizadas (LUZ et al., 2006).

Geralmente, nos processos produtivos, a análise sobre a *performance* de qualquer melhoria aplicada ao sistema é realizada por meio de uma análise do custo & benefício, contabilizando se o valor do investimento da alteração proposta é viável financeiramente (CAUCHICK; COPPINO, 1996). A alocação dos custos⁸ abastece dados contábeis necessários, visando às tomadas de decisões operacionais e estratégicas das organizações e colabora na determinação do lucro, controle de operações e demais recursos (HORNGREN et al., 2004; BRUNI; FAMÁ, 2010;).

Pensar a manufatura de forma estratégica é procurar entender como a fábrica pode contribuir para o sucesso da empresa, especialmente nos mercados competitivos. Podendo posicionar uma ou mais estratégias competitivas, as avaliações dos indicadores econômicos e técnicos visam adequar vantagens competitivas em relação aos concorrentes como, por exemplo, obter vantagem competitiva, comercializando produtos de alta qualidade, obter um menor custo por meio de técnicas de provisão de demandas, dentre outras. As avaliações dos

⁷ Tempo de setup - É o período em que a produção é interrompida, para que os equipamentos fabris sejam ajustados.

⁸ Metodologia destinada à distribuição temporal dos recursos disponíveis para a realização de qualquer projeto.

indicadores econômicos e técnicos visam proporcionar vantagens competitivas em relação aos concorrentes.

Tornar a organização competitiva é apresentar algo que a diferencie e a coloque em vantagem perante as demais. A qualidade é uma das principais ferramentas que garante um diferencial competitivo. Uma organização é competitiva em um determinado mercado, quando se consegue alcançar, em um nível aceitável de alguns indicadores econômicos (LUIZA et al., 2008).

A competitividade é a competência ou atributo de qualquer organização em conseguir cumprir a sua meta, com mais êxito que outras organizações concorrentes. Fundamenta-se na capacidade de satisfazer as necessidades e perspectivas dos clientes e dos fornecedores aos quais serve, no seu mercado objetivo, de acordo com a sua missão específica, para a qual foi criada.

Quadro 1 – Fatores que contribuem para vantagem competitiva das organizações

FATORES	SIGNIFICADO
CONFIABILIDADE	Produzir e entregar bens e/ou serviços, em tempo hábil e nos prazos prometidos, comunicar as datas com clareza ao cliente, fazer a entrega pontualmente.
CUSTO	A capacidade de produzir bens e serviços a custos mais baixos do que os concorrentes conseguem administrar.
FLEXIBILIDADE	Ser capaz de atender às mudanças de produtos ou de serviços, a prazos de entrega, a volumes de produção, à ampliação ou à redução da variedade de produtos ou serviços.
ESTAR APTO A MUDANÇAS	Quando for necessário e com a rapidez suficiente.
QUALIDADE	Fazer o que deve ser feito corretamente, entregar bens ou serviços conforme as especificações ou as necessidades dos clientes e fazer produtos que, realmente, os clientes desejam, sem cometer erros, e de boa qualidade.
VELOCIDADE	Tempo que o cliente deve esperar desde a emissão do pedido até o recebimento efetivo do produto.

Fonte: Adaptado de Slack et al. (2009)

Para se manter a competitividade no ambiente de negócios adversos dos dias atuais, é preciso estabelecer uma profunda compreensão das dinâmicas dos processos de produção (AHUJA, 2012). A concorrência global vem reduzindo as fronteiras comerciais e tornando cada vez mais difícil para as organizações sustentar sua participação de mercado.

Com o mercado cada vez mais aberto, concorrido e globalizado, todos os setores da

organização devem estabelecer esforços centralizados com o objetivo de manter uma vantagem competitiva e sustentável.

Portanto, é preciso cada vez mais ter "qualidade total" e estar preparado para a competição global. Para uma organização não sair do foco competitivo, é necessário estar sempre se atualizando, buscando novas tecnologias.

Quando há ponderação dos indicadores de desempenho, sejam eles a qualidade do produto, o número de peças produzidas, os custos envolvidos, a produtividade, entre outros, as organizações sabem que são competitivas (HAGUENAUER, 2012; MACEDO, 2012). Dessa forma, as medições que devem ter um nível de confiança adequado, ou seja, a fim de impedir distorções nos resultados finais, as avaliações dos indicadores de desempenho necessitam ser os mais concisos possíveis e, assim, impetrar uma relação custo & benefício aceitável.

As organizações competitivas são capazes de otimizar seus lucros, pois geram satisfação e fidelização de clientes. Para isto, é necessário que as empresas primem pela qualidade.

As empresas de manufatura no país necessitam, cada vez mais, investir no aumento da produtividade e da qualidade, para se tornarem competitivas. Essa exposição estimula as indústrias a investirem nos seus métodos de produção, promove uma evolução em relação aos últimos anos e contribui para com o crescimento da economia brasileira. (FERRARI, 2015).

Na literatura, concretiza-se uma série de estudos sobre a análise da gestão estratégica de organização, e apresentam seis metodologias de análises e potencialidades sobre a questão. Dentre eles, a necessidade de mensuração dos indicadores permite conhecer o perfil atual, sua monitoração e aperfeiçoamento.

Das diversas referências examinadas, todos eles não apresentam indicadores de desempenho econômico. Constata-se que foram dadas mais importâncias às avaliações técnicas, conforme o quadro 1, no qual descreve as principais metodologias de desempenho técnico das referências pesquisadas.

Quadro 2 – Metodologias de avaliação de desempenho empregadas nos artigos pesquisados

Metodologia de avaliação de desempenho técnico	Fontes pesquisadas
Comparação do número de peças produzidas	(AGAPIOU, 1994; BEZERRA et al., 2002; AHN et al., 2003; CAO; SUTHERLAND, 2003; REIS, 2004; DA MOTA et al., 2005; HAAH; REIS et al., 2005; KLAUBERG, 2009; RAMJI; MURTHY; SAHIN, 2009; AMANCIO, 2011; DA MOTA et al., 2011;).
Quantidade do número de peças defeituosas	(AGAPIOU, 1994; DA MOTA et al., 2005; DA MOTA et al., 2011; SOUZA et al., 2013).
Otimização de parâmetros de corte	(BAPTISTA; COPPINI, 1998; BAPTISTA; COPPINI, 2007; GRIVOL, 2007).
Diminuição do tempo de setup	(REIS; ALVES, 2010; MIRANDA et al., 2010).

Fonte: O Autor

De acordo com quadro 1, todos as fontes pesquisadas, que utilizaram processos de usinagem, acataram os dados técnicos como indicadores dos resultados de seus trabalhos e, em geral, determinaram os parâmetros de processos para obter uma maior confiabilidade dos resultados.

Uma das razões da adoção da fixação dos parâmetros de processo é devido á possibilidade de monitorar as forças e potências de corte, pois são eles que auxiliam na obtenção de uma perfeita usinabilidade dos materiais, com a utilização racional dos recursos oferecidos por uma determinada máquina-ferramenta.

É de fundamental importância, para manter a empresa competitiva, controlar e reduzir custos, enquanto se aumenta a qualidade. Diminuir os custos, especialmente aqueles procedentes da falta de qualidade, é uma oportunidade de tornar a organização mais lucrativa, e, assim, com maior rendimento.

Produzir com qualidade é uma exigência do mercado globalizado, não sendo mais uma vantagem estratégica e, sim, uma vantagem competitiva necessária à continuidade da organização no mercado.

2.6 Medição de processo

Como esta pesquisa trata de uma análise da viabilidade de inovação tecnológica do processo de produção que envolve, entre outros aspectos, diferenças de tempos de produção, é essencial salientar a importância da medição de processo. Executar medições dos processos é imprescindível para que se possa administra-las, e com isto encontrar formas de aprimorá-las.

As medições permitem conhecer as metas para, desta forma, encontrar métodos de alcançá-las, utilizando os dados obtidos para avaliar o desempenho atual do processo, e assim, estabelecer metas para o aperfeiçoamento.

A falta de eficiência dos processos de produção tem consequência direto sobre os clientes, podendo impactar sobre o prazo de entrega dos produtos, uma vez que a baixa eficiência aumenta o tempo necessário para produção dos produtos (HARRINGTON; LISKE, 1993).

O estudo de tempos e movimentos tem como objetivos, eliminar esforços desnecessários ao executar uma operação; procurar habilitar os empregados a sua função; estabelecer normas para execução do trabalho e descobrir métodos que venham proporcionar melhorias no processo produtivo (FIGUEIREDO et al., 2011). O estudo de movimentos serve para encontrar o melhor método de realizar determinada tarefa, enquanto que o estudo de tempos serve para determinar o padrão a ser realizado nesta tarefa, medindo o tempo necessário para a sua execução objetivando auxiliar no planejamento e programação da produção e controle de custos de mão de obra.

O principal método de estudo de tempos utilizado é a cronometragem, é uma forma de mensurar o trabalho por meio de métodos estatísticos, permitindo calcular o tempo padrão que é utilizado para determinar a capacidade produtiva da empresa. O uso da cronoanálise é indicado quando há necessidade de melhorar a produtividade e entender, de forma detalhada, o que acontece no processo produtivo (OLIVEIRA, 2012).

Através da cronoanálise é possível identificar os pontos ineficientes do processo, bem como os desperdícios de tempo. Proporcionando, deste modo, a realização de um estudo de melhoria de processos e o aumento da produtividade.

2.6.1 Tempo de setup, lead time e tempo de lote

Como esta pesquisa utiliza-se da medição dos tempos de produção para uma análise comparativa entre dois sistemas produtivos, o atual e o proposto, a medição dos tempos de setup é necessária para que se possa estudar o lead time de produção dos lotes analisadas. O tempo de setup, ou tempo de preparação, é o tempo de parada das máquinas, seja na preparação ou troca de ferramentas, o que ocorre durante as várias etapas do processo produtivo. É ocasionado pelas tomadas de decisões de processo em relação aos lotes de produção (RITZMAN et al., 2004).

Em um processo que possui alto tempo de preparação, é importante que este tempo seja explorado ao máximo para diminuí-lo (CORRÊA; CORRÊA, 2011). Se o processo for um gargalo de produção, o valor de tempo reduzido significa que todo o sistema produtivo irá receber mais tempo de processamento, pois o gargalo é que restringe o sistema de produção.

Os gargalos são todos os pontos dentro de um sistema industrial que limitam a capacidade final de produção. E por capacidade final de produção devemos entender a quantidade de produtos disponibilizados ao consumidor final em um determinado intervalo de tempo.

A falta de sincronismo entre produção e demanda ou a grande quantidade de pequenos lotes de produção pode gerar muitas trocas de produção, significando que os processos podem ter muito tempo de preparação em relação ao tempo em que passam produzindo (CORRÊA; CORRÊA, 2011).

Nesta pesquisa o lead time de produção, o tempo de lote e o tempo de operação são importantes para determinar se a implantação de um programa de inovações tecnológicas produz mais rapidamente as peças e quantificar estes valores, para assim mostrar quais as vantagens na utilização dessa viabilidade de inovação tecnológica.

O lead time, ou tempo de atravessamento, é o tempo necessário para que os inputs sejam processados e transformados em outputs, ou seja, o tempo necessário para mover uma unidade de recurso por todo o processo (SLACK et al., 2009).

O tempo de lote, é o tempo necessário para a produção de um lote de peças, que é obtido multiplicando o tempo necessário para produzir cada peça pelo tamanho do lote (CHASE, et al., 2006).

2.6.2 Custos de produção

Para que uma empresa possa se manter no mercado é imprescindível que ela avalie, controle e mantenha seus custos de produção a níveis que possam trazer-lhe lucros. Nesta pesquisa, o estudo dos custos de produção é fundamental para que seja possível constatar se a implantação de um programa de inovações tecnológicas na linha produtiva pode reduzir os custos de produção da empresa.

Os custos de produção são os que ocorrem nos setores de produção e necessários apenas à fabricação dos produtos e a execução dos serviços (DUTRA, 2010). Os custos de produção são todos os valores gastos para a fabricação de um determinado produto,

classificados por custos diretos, indiretos e de transformação (BRUNI; FAMÁ, 2008). Os custos de mão-de-obra, abrangem todos os gastos despendidos para remunerar o pessoal envolvido no processo de produção ou realização do bem ou serviço (DUTRA, 2010).

2.7 Ferramentas da MCC para análise dos indicadores de desempenho

A competitividade e o desempenho das empresas de manufatura estão sujeitos à confiabilidade, disponibilidade e produtividade de suas instalações de produção.

Esta necessidade de melhorar o desempenho dos sistemas produtivos foi o que trouxe a função manutenção para o centro das atenções, o MCC (manutenção centrada em confiabilidade) é um programa estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção, com o objetivo de definir um processo sistemático de análise que garanta a confiabilidade e segurança da operação do equipamento com o menor custo possível.

Esse método emprega uma perspectiva de análise das funções desempenhadas pelo sistema, das falhas destas funções e da prevenção destas falhas. Assim, tentam-se definir tarefas com a maior eficiência possível para que o ativo esteja disponível o maior tempo possível e com a maior confiabilidade, cujo objetivo é constituir a probabilidade de funcionamento de um equipamento para operar sem falhas durante um determinado período de tempo.

2.7.1 Tempo médio entre as falhas MTBF e o tempo médio para reparo MTTR

O MTBF (tempo médio entre falhas) é uma métrica que diz respeito à média de tempo decorrido entre uma falha e a próxima vez que ela ocorrerá. Esses intervalos de tempo podem ser calculados por meio da equação 1.

$$MTBF = \frac{\textit{Somatórios dos tempos de bom funcionamento}}{\textit{Número de intervenções observadas}} \quad (1)$$

Por outro lado o MTTR (tempo médio para reparo) é a média de tempo que se leva para executar um reparo após a ocorrência da falha. Ou seja, é o tempo gasto durante a intervenção em um determinado processo. Essa média pode ser calculada através da equação 2.

$$MTTR = \frac{\text{Somatórios dos tempos de reparo}}{\text{Número de intervenções observadas}} \quad (2)$$

2.7.2 Confiabilidade e disponibilidade

Confiabilidade e disponibilidade são palavras que fazem parte do cotidiano da manutenção e é importante que sejam bem caracterizadas (KARDEC; NASCIF, 2009). Conforme definido em norma, confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo (NBR 5462, 1994).

Por outro lado, a disponibilidade é a capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados (NBR 5462, 1994).

A disponibilidade de um sistema pode ser calculada pela equação (3).

$$D = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \quad (3)$$

As estratégias de manutenção desenvolvidas pela MCC são capazes de valer-se de informações referentes aos indicadores do MTTR (*Mean Time To Repair*), MTBF (*Mean Time Between Failures*), os quais são KPI's (*Key Performance Indicators*), que são ferramentas de gestão para se realizar a medição e o consequente nível de desempenho e sucesso de uma organização ou de um determinado processo, focando no “como” e indicando quais dos processos dessa empresa estão permitindo que seus objetivos sejam alcançados em NB (números de possíveis falhas no decorrer do ano).

Hansen (2006), tem apresentado sugestões sobre os chamados KPI (Key Performance Indicators) aplicáveis em manutenção. Um dos indicadores mais difundido é o que determina a eficiência operacional de um equipamento. A eficiência operacional inclui todo o tipo de práticas que permitem a uma empresa utilizar da melhor forma os seus recursos. A EOE (eficiência operacional) pode ser calculado pela equação 4.

$$EOE = DxPxQ \quad (4)$$

Onde EOE é a Eficiência operacional ou OEE (*Overall Equipment Efficiency*),

D é a Disponibilidade, ou seja, a percentagem do tempo em que um equipamento se encontra realmente disponível para produzir,

P é a Performance (ou rendimento), ou seja, a percentagem da capacidade de produção nominal (ou ideal) que um equipamento é capaz de realizar e

Q é a Qualidade, ou seja, a percentagem de produtos “bons” de todos os produtos produzidos.

Os valores de D, P, Q devem ser corrigidos e consolidados no EOE periodicamente (semanal, mensal, trimestral, etc.) e a sua evolução monitorizada.

A eficiência operacional é mensurada como um dos subsídios que cooperam de forma mais expressiva para o desempenho de resultados das operações da indústria, seguramente proporcionando a disponibilidade, confiabilidade e desempenho mais elevados possíveis.

2.7.3 Aplicação de indicadores para análise de performance

MTTR e MTBF são dois indicadores de *performance* da manutenção, utilizados como pontos de referência para levantar alternativas básicas e relevantes do processo decisório para tomada de decisão e suas implicações. O MTBF é uma medida básica da confiabilidade de um sistema, enquanto o MTTR indica a eficiência na ação corretiva de um processo.

O uso de indicadores consiste em transformar atividades executadas em valores quantitativos. Indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma realidade, tendo como característica principal a de poder sintetizar diversas informações, retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados (MITCHELL, 2004).

Constatado que após um processo de manutenção preventiva que o MTBF aumentou, isso se evidencia uma melhora na qualidade de seus processos e, conseqüentemente, em seus produtos/serviços final, ocasionara maior confiabilidade à sua marca e credibilidade em seus produtos/serviços. Será o aumento do MTBF que mostrará que seus métodos de manutenção estão sendo bem executados.

No caso do MTTR, torna-se fundamental reduzi-lo ao máximo com o objetivo claro de evitar a perda de produtividade por indisponibilidade de sistemas. Assim sendo, um menor tempo médio de reparo indica que sua empresa tem respostas rápidas para problemas em seus processos, demonstrando dessa forma que a organização tem alto grau de eficiência.

Os indicadores MTBF e MTTR devem ser empregados para ampliar o conhecimento da organização sobre seus processos, e reduzir perdas na produtividade ou na qualidade nos produtos/serviços oferecidos (TORELL; AVELAR, 2004). Somente os indicadores permitem

uma análise mais acurada quanto aos resultados físicos e a otimização dos recursos operacionais (BANDEIRA, 2007). Convém lembrar que proporcionar a disponibilidade dos equipamentos e instalações é o principal objetivo da manutenção.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 Procedimentos metodológicos

Com o propósito de adotar as decisões adequadas ao processo de investigação científica, a fim de que os resultados obtidos sejam embasados no rigor científico; também para alcançar os objetivos propostos para a realização do presente estudo, foram utilizados os seguintes tipos de procedimentos técnicos. Inicialmente, buscou-se referências sobre o tema na literatura, utilizando fontes através de: artigos, teses, livros, revistas e sites que tratassem dos principais conceitos e práticas associados ao tema.

A pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo de caso. O estudo de caso é um tipo de pesquisa no qual haverá um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2010).

Assim, foi elaborado um estudo coletando informações para conhecer as ações na área de produção da empresa em estudo, identificando as necessidades de melhorias, analisando indicadores de desempenho, como também identificando etapas críticas na fabricação dos produtos.

A metodologia utilizada para analisar a performance das máquinas CNC foi a proposta por Santos e Dias (2010), sendo utilizados os dados obtidos por meio dos arquivos históricos da empresa. Foram analisados os dados de: 1 (um) torno CNC Multiplic 40, 1 (um) torno CNC Multiplic 30 D e 1 (um) centro de usinagem CNC D1250. Considerando a disponibilidade dos registros, estipulou-se uma amostra de 36 meses, período compreendido entre janeiro de 2013 a dezembro de 2015, como sendo apropriada para representar o conteúdo dos indicadores, resultando em uma análise estatística satisfatória.

A análise do desempenho das máquinas do setor foi definida levando em conta o seguinte: custo total de serviços de manutenção feitos por terceiros (R\$), tempo de reparo (h), tempo médio para consertar falhas (MTTR), tempo médio entre falhas (MTBF), ou seja, tempo médio que levará entre uma parada e outra, números de possíveis falhas no ano (NB) e rotação do eixo arvore ou spindle (RPM). Vale destacar que, o número de horas programadas para o trabalho das máquinas (horas da jornada de trabalho teórica diária multiplicada pelo número de dias programados para as máquinas trabalharem por mês: $Hpr = (4 + 4) * 30$, sendo 2 turnos de 8 horas por dia, multiplicados por 30 dias (mês).

Esta pesquisa também utilizou a técnica de estudo comparativo, pois foi realizada uma

comparação de dados entre dois sistemas produtivos, o processo da empresa caso (atual) e o com inovação tecnológica (proposto). De acordo com Lakatos e Marconi (2010) e Andrade (2003), o estudo comparativo realiza comparações, com o objetivo de verificar semelhanças e explicar divergências.

Para a análise os dados referentes as variáveis dos processos produtivos, como: tempo de setup de máquina, tempo para realizar cada atividade de produção dos produtos, foi escolhido alguns 4 (quatro) produtos, dessa forma, estipulou-se uma amostra de quatro lote com 20 produtos para serem fabricados, com registros e análise de dados pertinentes as atividades do processo de produção e seus custos, essa fabricação foi realizada no decorrer de 2015.

Em seguida, objetivando realizar um estudo comparativo entre dois sistemas produtivos, o da empresa caso e o sistema com máquinas CNC com tecnologias emergentes (proposto), e, para a obtenção dos dados, foram definidos objetivos específicos, os quais são: a definição dos produtos para serem produzidas nos dois sistemas produtivos; quantidade de produtos, Lead time de produção dos produtos; qualidade final dos produtos acabados e os custos de produção envolvidos nos dois sistemas produtivos. Foram também levantados indicadores de desempenho pelo descritivo técnico das novas máquinas CNC, com a finalidade de observar o impacto operacional (segurança, energia, velocidade de produção, etc.).

Com as observações dos dados operacionais das máquinas do atual sistema, encontrados no setor, pode assim, contrapor com os dados encontrados para o sistema proposto, objetivando confirmar a hipótese de melhoria da produção com a aplicação de um programa com inovação tecnológica.

3.2 Delimitação do estudo de caso

Em relação à delimitação da pesquisa, que busca estabelecer limites para a investigação, seja em relação ao assunto, à extensão ou outros fatores (MARCONI; LAKATOS, 2010). Optou-se por realizar o estudo em uma empresa metal-mecânico. O motivo da escolha da empresa deve-se à disponibilidade e acesso às informações, a fim de possibilitar a aplicação da pesquisa no contexto da viabilidade de inovação tecnológica no processo produtivo.

3.3 Instrumentos e forma de coleta de dados

Para a coleta de dados foi utilizado inicialmente a observação de campo, observando in loco as ações na área de produção da empresa, identificando as necessidades de melhorias, analisando indicadores de desempenho, como também identificando etapas críticas na fabricação dos produtos, assim coletando os dados pertinentes aos objetivos da pesquisa. Segundo Lakatos e Marconi (2010), a observação é uma técnica de coleta de dados para conseguir informações e utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Ela tem como objetivo examinar os fatos ou fenômenos que se deseja estudar em contato direto com a realidade em que eles ocorrem.

Complementando a coleta de dados, foi relevante o emprego de uma fonte paralela e simultânea de informação, de modo a concretizar os dados e permitir a contextualização das informações, assim, os dados foram obtidos em bases mensais, no período compreendido entre janeiro de 2013 a dezembro de 2015, referente aos indicadores de desempenho operacional das máquinas ferramentas. Foram, por conseguinte, analisados os dados históricos de dois turnos CNC e um centro de usinagem CNC.

3.4 Tratamento de dados

Quanto a natureza de abordagem, esta pesquisa se caracteriza por utilizar um método misto de técnicas quantitativas e qualitativas. Para o método quantitativo foram feitas análises de dados numéricos referentes a performance das máquinas e aos vários processos produtivos, como: lead time de produção dos produtos; qualidade final dos produtos acabados e os custos de produção, entre outros. No método qualitativo foram feitas observações para melhor entendimento do problema, com a finalidade de obter dados mais específicos relacionados à ele que caracterizam o objeto de estudo que está sendo analisado.

Em relação à apresentação dos dados, nessa etapa foi utilizada a representação escrita, que expõe os dados através de: textos, tabelas e quadros, os quais concentram os dados em lide, facilitando sua compreensão; além das figuras que apresentam, de maneira clara e atrativa, os dados da pesquisa.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma empresa do segmento metal-mecânico, envolvendo o processo produtivo, mais precisamente o setor de usinagem de precisão, caracterizando a *performance* dos equipamentos com a finalidade de atingir melhores níveis de qualidade e competitividade.

4.1 A empresa

A empresa, objeto de estudo, fabrica peças mecânicas em séries pequenas, médias e altas, incluindo-se aí, as engrenagens de todas as dimensões em materiais metálicos e não metálicos; projeta, fabrica máquinas e equipamentos mecânicos; oferece serviços de manutenção em máquinas e equipamentos para os diversos segmentos do mercado local; está no mercado há mais de 20 anos, quando iniciou suas atividades com a reciclagem de peças específicas para caminhões e, conseqüentemente, a comercialização das mesmas à base de troca.

A empresa está localizada em Maceió – Alagoas; é composta por três unidades de trabalhos, as quais estão distribuídas da seguinte forma: unidade administrativa e projetos, oficina de suspensão, transmissão e freios, e, por fim, a área que contém o setor produtivo de usinagem computadorizado, ocupando uma área fabril de 1500 metros quadrados de área construída. Possui um quadro efetivo de cerca de 40 funcionários ligados de maneira direta ao setor de produção.

A empresa atingiu um estágio de excelência e procura atender ao seu público alvo pertencente aos mais diversos setores (sucroenergética, petrolífera, naval, mecânica, frigorífica, gráfica, de plástico, automotiva, agrícola, aeronáutica, panificação, hospitais, bancos, concessionárias, entre outros).

Do projeto ao produto final, a empresa apresenta soluções completas, com excelente custo-benefício, promovendo uma parceria com seus colaboradores. Dessa forma, contribui para a melhoria contínua dos processos, assegurando ao cliente a qualidade, confiança e satisfação nos produtos e serviços prestados, com uma postura altamente profissional e técnica no cumprimento das normas e projetos existentes.

4.2 Atuação do setor de usinagem computadorizado

O setor de usinagem computadorizada é composto por máquinas ferramentas programáveis com o CNC (Controle Numérico Computadorizado); são responsáveis pela produção dos mais variados tipos de serviços e peças mecânicas em séries, com rapidez e precisão em materiais metálicos e não metálicos. Atualmente, a empresa possui um centro de usinagem e dois tornos que se encontram em uma área climatizada. Os operários destas máquinas são treinados e capacitados para realizar as operações com responsabilidade, pois a utilização correta dos equipamentos requer muita atenção, técnica e habilidade.

A empresa possui em seu quadro funcional um programador, um operador do centro de usinagem e dois operadores dos tornos. É disponível para esses operários uma sala climatizada, equipada com computador de boa configuração que possuem *softwares* de CAM (Manufatura Assistida por Computador) apropriado para elaboração de programação para máquinas CNC. Para responder por toda área com responsabilidade e agilidade, a supervisão deste setor fica a cargo de um técnico mecânico formado e capacitado tecnicamente.

Para haver uma sintonia entre a gestão do estoque e a produção, é utilizado o sistema de controle Kanban⁹. Segundo Slack et al. (2009), é um método de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado, utilizando cartões com informações dos materiais para realizar as operações de movimentação e abastecimento, tornando-se em sua forma mais simples o jeito de avisar a seu cliente fornecedor sobre a necessidade de mais material a ser enviado.

O sistema Kanban tem como propósito indicar um estoque mínimo de peças e componentes necessários para a produção nessa área. Este estoque é constituído pelas matérias primas a serem usinadas, tais como: materiais ferrosos (ferro e aço); materiais não ferrosos (bronze, latão, alumínio); não metálicos (*nylon, poliacetal, celeron, entre outros*) além de diversas ferramentas de corte utilizadas no processo de usinagem.

O setor é responsável pela fabricação de peças de geometria mais complexas, engrenagens em diversos materiais, parafuso rosca sem-fim, peças especiais: para elevadores, panificações, gráficas, além de acessórios para recuperação de suspensão, transmissão, rodas,

⁹ Técnica japonesa para administração de estoque que se utiliza de um sistema de cartões para controlar o fluxo de material, proporcionando redução de estoque, otimização do fluxo de produção, redução das perdas e aumento da flexibilidade.

motor, câmbio de ônibus e caminhão.

Fabrica também redutores que são usados nas carregadeiras Bell que têm como função reduzir a velocidade de rotação do sistema de acionamento do equipamento e, conseqüentemente, um aumento significativo no torque transmitido. Seu principal objetivo é de melhorar a *performance* das carregadeiras que operam na lavoura da cana-de-açúcar.

Além da fabricação dos redutores, o setor tem responsabilidade de fazer uma análise técnica detalhada das peças mecânicas dos redutores quando apresentam defeitos ou avarias. Dessa forma, o setor de usinagem automatizada responde diretamente pelo andamento produtivo da empresa; por outro lado, qualquer serviço que distorça dos padrões de qualidade adotado pelo setor acarretará em sérios problemas no desenvolver do processo produtivo.

De forma sincronizadora, a usinagem computadorizada atua com os setores de engenharia de projetos, visto que a elaboração de um projeto industrial é uma tarefa que requer conhecimento interdisciplinar e multidisciplinar, através do esforço combinado e coordenado de especialistas de várias áreas de atuação, criando sinergia e conhecimento para a compatibilização destes projetos.

O intercâmbio entre os setores é de suma importância, pois a fabricação correta dos elementos mecânicos projetados depende exclusivamente de um projeto perfeito.

O setor atua também com a gestão ambiental da empresa. Uma vez que as máquinas utilizam fluidos de corte¹⁰, ou seja, são produtos químicos que geram resíduos descartados pelas mesmas, esses fluidos podem ser dispostos depois de seu uso pela própria organização ou por uma empresa especializada em disposição de resíduos, conforme as leis ambientais existentes.

4.3 Planejamento de processos e principais processos de usinagem

4.3.1 Planejamento de processos de fabricação

O planejamento do processo¹¹ é o vínculo entre a engenharia do produto e a manufatura. Devido à sua relevância para a empresa, é necessário que sejam adotados

¹⁰ São líquidos e gases aplicados à ferramenta e ao material que está sendo usinado, a fim de facilitar a operação de corte.

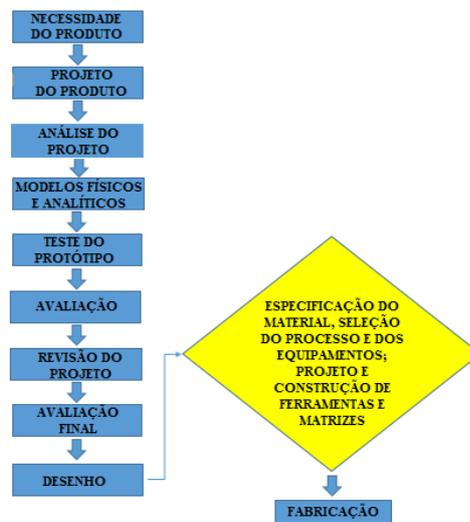
¹¹ O planejamento de processos de fabricação é focalizado na conformação por usinagem, por envolver uma maior variedade de processos e produtos.

controles rigorosos sobre o processo, com o objetivo de que haja uma constância no padrão de qualidade de seus produtos.

O modelo prevê a realização da análise da peça, a seleção de superfícies de referência para a fabricação, a seleção de métodos de usinagem, a seleção de máquinas, ferramentas de corte e dispositivos de fixação e o sequenciamento das operações para transformar a matéria-prima no produto final, de acordo com as especificações do projeto.

A empresa adota o fluxograma para descrever passo a passo a natureza e o fluxo deste processo. O objetivo é mostrar de forma descomplicada o fluxo das informações e elementos, além da sequência operacional que caracteriza o trabalho que está sendo executado. A figura 8 representa o ciclo de um produto, desde a sua necessidade e viabilidade, até sua entrega ao público.

Figura 8 – Diagrama funcional mostrando a Engenharia de Fabricação dentro do ciclo produtivo da empresa



Fonte: O autor

Na empresa, podemos ressaltar que, inserida entre o projeto do produto e a sua produção propriamente dita, destaca-se todo um procedimento de análise e tratamento tecnológico dos problemas surgidos da necessidade de se fazer cumprir e respeitar essas duas importantes fases do ciclo produtivo de um produto, denominada de Engenharia de Fabricação.

4.3.2 Principais processos de usinagem

Os processos de fabricação¹² mecânica têm como objetivo a modificação de um corpo metálico, com o fim de lhe conferir uma forma definida. O setor de usinagem computadorizada é interligado ao setor de engenharia da empresa, onde o projetista especifica as formas, dimensões, aparência e o material a ser usado no produto, observando que, primeiramente, são feitos os protótipos do produto.

Neste estágio, é possível realizar modificações, tanto no projeto original como no material selecionado, se as análises técnicas e/ou econômicas assim indicarem. Após, os projetos aprovados são repassados para o setor de usinagem computadorizada para executar a fabricação.

Os processos de usinagem executados no setor de acordo com os maquinários são:

Quadro 3 – Operações realizadas nos tornos CNC

OPERAÇÕES	
➤ Torneamento externo e interno	➤ Rebaixamento
➤ Faceamento	➤ Alargamento
➤ Sangramento	➤ Polimento
➤ Canal	➤ Acabamento
➤ Roscamento externo e interno	➤ Arcos

Fonte: O Autor

O técnico de operação diferencia as operações de acordo com a sequência para fabricação das peças mecânicas.

¹² Procedimento realizado, a fim de obter transformações físicas e/ou químicas no material inicial com o objetivo de agregar valor a este material.

Quadro 4 – Operações realizadas no Centro de usinagem CNC

OPERAÇÕES	
➤ Mandrilhamento	➤ Rebaixamento
➤ Fresamento	➤ Alargamento
➤ Faceamento	➤ Polimento
➤ Furação	➤ Acabamento
➤ Roscamento externo e interno	➤ Arcos
➤ Canal	➤ Rasgo de chavetas
➤ Esquadrejamento	

Fonte: O Autor

4.4 O setor de usinagem computadorizado

Atualmente, o setor de usinagem computadorizado conta com dois tornos e um centro de usinagem, os quais se encontram no seguinte estado de funcionamento:

4.4.1 Torno CNC Multiplic 40

Quadro 5 – Características técnicas do torno CNC Multiplic 40

Comando	Fanuc
Distância entre pontas	1000 mm
Diâmetro admissível sobre o barramento	620 mm
Curso transversal sobre o eixo x	320 mm
Curso longitudinal do carro eixo z	1000 mm
Placa	Pneumática
Torre porta ferramentas	08 posições
Faixa de velocidade	1800 RPM
Ano de fabricação	2001
Fabricante	Romi

Fonte: O Autor

Equipamento fabricado no Brasil, adquirido no ano de 2003. A máquina aparentemente está em bom estado de conservação. Em contrapartida, sua tecnologia encontra-se ultrapassada e está trabalhando com capacidade produtiva em torno de 83% das

1800 RPM em início de processo; isso devido aos desgastes apresentados em seus barramentos, servos funcionais, fusos e do eixo árvore.

Atualmente, só faz usinagens em latão, ferro fundido, alumínio ou bronze e em peças que não precisam de bons acabamentos superficiais. A proposta de custo para o *retrofitting*¹³ gira em torno de R\$ 75.000,00 de acordo com orçamentos. O custo que a empresa cobra dos seus clientes é R\$ 67,50 por hora/máquina.

4.4.2 Torno CNC Multiplic 30 D

Quadro 6 – Características técnicas do torno CNC Multiplic 30 D

Comando	Siemens
Distância entre pontas	1000 mm
Diâmetro admissível sobre o barramento	430 mm
Curso transversal sobre o eixo x	220 mm
Curso longitudinal do carro eixo z	1000 mm
Placa	Pneumática
Torre porta ferramentas	Octogonal de 08 posições
Faixa de velocidade	4000 RPM
Ano de fabricação	2003
Fabricante	Romi

Fonte: O Autor

Equipamento fabricado no Brasil, adquirido no ano de 2004. Está com sobrecarga de trabalho, por ser o único torno na área que está com capacidade de dar um melhor acabamento superficial nas peças mecânicas.

Ainda, está com seus servos funcionais, fusos e do eixo árvore limitado em torno de 80% da sua capacidade produtiva inicial, que é de 4000 RPM, devido às paradas constantes indesejadas por aquecimento do mesmo. A previsão de custo com *retrofitting* gira em torno de R\$ 70.000,00 de acordo com orçamentos. O custo que a empresa cobra dos seus clientes é R\$ 75,50 por hora/máquina.

¹³ São reformas ou modernizações em equipamentos industriais, máquinas ou sistemas com atualização tecnológica.

4.4.3 Centro de Usinagem CNC D1250

Quadro 7 – Características técnicas do centro de usinagem CNC D1250

Comando	Siemens
Curso em X	1250 MM
Curso em Y	610 MM
Curso em Z	640 MM
Cone do eixo-árvore	ISO 40
Magazine para ferramentas	22 ferramentas
Faixa de velocidade	6000 RPM
Ano de fabricação	2006
Fabricante	Romi

Fonte: O Autor

Equipamento fabricado no Brasil, adquirido no ano de 2007. Apresenta bom estado de conservação, porém sua tecnologia está ultrapassada. Encontra-se sobrecarregado pelo fato de ser a única máquina que oferece grande flexibilidade de trabalho para múltiplas aplicações de furação, roscamento, assim como pequenas e grandes operações de fresamento *etc.*

Está com sua capacidade de produção limitada em torno de 86% das 6000 RPM em início de processo, devido ao desgaste dos seus servos funcionais, fusos e *spindle*. A previsão de custo com *retrofitting* gira em torno de aproximadamente R\$ 90.000,00 de acordo com orçamentos. O custo que a empresa cobra dos seus clientes é R\$ 95,00 por hora/máquina.

A *performance* operacional dos ativos encontra-se abaixo do esperado, em virtude de fatores observados anteriormente. Assim, o caso mais crítico encontra-se no centro de usinagem, por ser a máquina que oferece grande flexibilidade de trabalho e, conseqüentemente, ditar o ritmo da produção dos elementos mecânicos.

Constata-se que há um número bastante elevado de *setups*¹⁴ de um processo em execução até a inicialização do próximo processo, visto que uma máquina não tem capacidade de produzir a peça do início ao fim, sendo necessário o auxílio de outra. Geralmente, a fabricação de uma engrenagem tem seu início em uma máquina e término em outra.

Devido ao baixo rendimento de seus equipamentos com paradas não programadas dos mesmos para constantes manutenções, o setor de usinagem computadorizada fica limitado,

¹⁴ *Setups* - Refere-se às atividades envolvidas em trocas de ordens de produção que necessitam de ajustes e substituição de moldes e outros dispositivos, em equipamentos compartilhados.

ocasionando perda de produção. O tempo de máquina parada compromete o programa de produção, a lucratividade e a competitividade da empresa, afetando a satisfação do cliente, quando provoca atrasos na entrega.

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados referentes às performances das máquinas, empregando o método da MCC. Em adição, um estudo comparativo foi realizado para os dois sistemas produtivos, o atual e o proposto.

A discussão de todos os resultados será suportada por quadro, também apresentados nesse capítulo. Dessa forma, apresentam-se, na sequência, os resultados das performances de cada máquina analisados, com seus respectivos dados.

5.1 Análises das performances das máquinas, utilizando indicadores de desempenho médio do setor

5.1.1 Torno CNC Multiplic 40

Para o Torno CNC *Multiplic 40* foram obtidos os seguintes dados observados no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2015, como mostra no quadro 8.

Quadro 8 – Performance do Torno CNC *Multiplic 40*

ANO	2013	2014	2015
MTTR (h)	72	28	30
MTBF (h)	320	515	515
NB DE RISCO	6	3	3
TEMPO DE REPARO (h)	432	84	90
CUSTO (R\$)	38.000,00	18.520,00	18.790,00
ROTAÇÃO DO EIXO ÁRVORE (RPM)	2250	2075	2000

Fonte: O Autor

Analisados os dados desta máquina, é possível perceber que durante o ano de 2013, o custo total de serviços com manutenção realizados por terceiros, já que para este tipo de manutenção corretiva necessita da intervenção de pessoal da assistência técnica, teve custo de R\$ 38.000,00 e o tempo médio para consertar falhas MTTR, contabilizou em 72h, comprometendo a capacidade de entrega do produto, pois esses três dias de não funcionamento da máquina fizeram com que houvesse diminuição da receita programada.

Em 2013, os custos de manutenção foram maiores em relação aos anos de 2014 e 2015, como consequência da diminuição do tempo de MTBF que, em 2013, foi de 320h, e de

515h, em 2014 e 2015. A disponibilidade deste equipamento para produção foi maior nos anos de 2014 e 2015, onde houve um número menor de paradas NB, do que 2013. Já nos anos seguintes os resultados de NB foram os mesmos, o que significa que o tempo de hora máquina parada foi menor em 2014 e 2015, representando, dessa forma, uma melhoria na capacidade de entrega do produto com o maior tempo disponível para produção.

No ano de 2013, houve um decréscimo da capacidade de produção da máquina em 10%, relacionando à capacidade produtiva especificada pelo fabricante, pelo motivo dos desgastes de elementos do maquinário como, barramentos, servo-motores, fusos e do eixo árvore, para a prevenção do equipamento. Passou a funcionar com 2250 RPM, quando anteriormente seu eixo árvore girava a 2500 RPM.

No ano de 2014, observa-se também um novo decréscimo da capacidade de produção da máquina de 15%, passando dos 2250 RPM utilizados para 2075 RPM e, finalmente, no ano de 2015, mais um decréscimo da capacidade de produção da máquina de 20%, passando dos 2075 RPM utilizados para 2000 RPM. Percebe-se que há uma redução de 10% por ano na capacidade de produção da referida máquina. Essas reduções visam evitar paradas e, conseqüentemente, custos com manutenções não programadas.

Por outro lado, essas reduções do eixo árvore da máquina ocasionaram reduções nas variáveis e parâmetros de corte da máquina: velocidade de corte (V_c), avanço (f), profundidade de corte (A_p), tempo de corte (T_c), ocasionando, assim, tempos maiores de produção.

5.1.2 Torno CNC Multiplic 40

Para o Torno CNC *Multiplic 30 D* foram obtidos os seguintes dados observados no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2015, como mostra no quadro 9.

Quadro 9 – Performance do Torno CNC Multiplic 30 D

ANO	2013	2014	2015
MTTR (h)	35	65	36
MTBF (h)	290	535	315
NB DE RISCO	4	2	4
TEMPO DE REPARO (h)	140	130	144
CUSTO (R\$)	15.520,00	30.500,00	15.890,00
ROTAÇÃO DO EIXO ÁRVORE (RPM)	3400	3200	3.200

Fonte: O autor

Como pode ser observado, no ano de 2013, o tempo médio para consertar falhas MTTR, contabilizou um total de 35h, gerando, dessa forma, um custo com manutenções realizadas por terceiros no valor de R\$ 15.520,00. Fica claro que, nesse ano, houve 4 paradas não programadas para cada 290 horas de MTBF, o que corresponde em média a uma falha a cada 3 meses de produção, proporcionando, dessa forma, 140h de serviço de manutenção para deixar o equipamento em plena condição de uso. A partir deste ano, houve a redução da capacidade de produção da máquina em 15%, passando dos 4000 RPM utilizados para 3.400 RPM. Esta ação visa evitar paradas não programadas e custos com manutenção, já que o equipamento vem sofrendo desgaste e necessita de ajustes para melhorar sua eficiência operacional.

Em 2014 a disponibilidade deste equipamento para produção foi maior em relação aos outros anos. Consta-se que houve 2 paradas não programadas, gerando, dessa forma, um aumento no MTBF de 535h, o que significa que o tempo de hora máquina parada foi menor, pois o tempo médio para consertar falhas MTTR, contabilizou em 65h. Nota-se também que o tempo médio para consertar falhas foi de 130h, gerando um custo de R\$ 30.500,00, maior em relação aos anos de 2013 e 2015.

Percebe-se que há uma nova redução da capacidade de produção da máquina em 20%, passando dos 3400 RPM utilizados para 3200 RPM, para evitar paradas não programadas e custos com manutenção.

Como pode ser observado, em 2015, o custo total de serviços com manutenção realizados por terceiros teve uma redução comparada ao ano anterior, o mesmo ficou orçado em R\$ 15.890,00. Esse custo foi provocado por 4 paradas não programadas para cada 315 horas de MTBF, porém o tempo médio para consertar falhas MTTR foi contabilizado em 36h. Esse tempo gerou atrasos na entrega dos produtos, pois esse período de não funcionamento da máquina daria uma maior produtividade.

Constata-se que não houve redução na capacidade de produção da referida máquina a mesma manteve-se estabelecida em 3200 RPM. Destaca-se também que esta máquina encontra-se com sobrecarga de trabalho, o que vem ocasionando aumento nos NB de risco.

5.1.3 Centro de Usinagem CNC D1250

Para o Centro de Usinagem CNC D1250, foram obtidos os seguintes dados observados no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2015, como mostra no quadro 10.

Quadro 10 – Performance do Centro de Usinagem CNC D1250

ANO	2013	2014	2015
MTTR (h)	85	26	22
MTBF (h)	200	395	395
NB DE RISCO	6	3	3
TEMPO DE REPARO (h)	510	78	66
CUSTO (R\$)	60.565,00	20.135,00	21.150,00
VELOCIDADE DO <i>SPINDLE</i> (RPM)	5160	5160	5160

Fonte: O autor

Conforme dados acessados, no caso do centro de usinagem, é possível perceber que o ano de 2013 foi o mais crítico, tendo 6 NB de risco para cada 200 horas de MTBF, porém o tempo médio para consertar falhas MTTR foi contabilizado em 85h, gerando maiores custos com manutenção corretiva realizados por terceiros que contabilizou R\$ 60.565,00. Por recomendação da assistência técnica do fornecedor do equipamento, em meados do ano de 2013, foi reduzida a velocidade do *spindle* da máquina em 14%, passando dos 6000 RPM do seu eixo árvore para 5160 RPM, com o objetivo de reduzir o número de paradas não programadas e custos de manutenção. Em contrapartida, com sua capacidade produtiva reduzida, foram ocasionados atrasos na programação de entrega dos produtos e serviços.

A disponibilidade deste equipamento para produção foi maior nos anos de 2014 e 2015, onde teve um número menor de paradas NB, comparando com o ano de 2013. Já, nos anos seguintes, os resultados de NB mantiveram-se constantes, o que constitui que o tempo de hora máquina parada foi menor em 2014 e 2015, representando, dessa forma, maior confiabilidade e disponibilidade da máquina, ocasionando, assim, uma melhoria na capacidade de produção, permitindo maior agilidade no tempo de entrega dos produtos e serviços.

Verifica-se que, no ano de 2014 a disponibilidade deste equipamento para produção foi maior em relação aos outros anos. Constata-se que houve 3 paradas não programadas, ocasionando, dessa forma, um aumento no MTBF de 395h, o que significa que o tempo de hora máquina parada foi menor, pois o tempo médio para consertar falhas MTTR contabilizou em 26h. Nota-se também que o tempo médio para consertar falhas foi de 78h, gerando um custo de R\$ 20.135,00, menor em relação aos anos de 2013 e 2015.

Em 2015, o custo total de serviços com manutenção teve um acréscimo comparado ao ano anterior seu orçamento contemplou um valor de R\$ 21.150,00. Este custo foi gerado em virtude de 3 paradas não programadas para cada 395 horas de MTBF, porém o tempo médio

para consertar falhas MTTR foi contabilizado em 22h. Apesar da máquina ter ficado parada por esse período, não gerou atrasos na entrega dos produtos e serviços.

Percebe-se que não houve redução na capacidade de produção da referida máquina, pois, nos anos de 2014 e 2015, a mesma manteve-se estabelecida em 5160 RPM. Nesse caso, os custos de manutenção e tempos de conserto também diminuiram, mas o equipamento deixou de ter o rendimento produtivo considerado satisfatório, por causa da redução das velocidades do *spindle* e nas variáveis dos parâmetros de corte da máquina.

5.2 Evidenciar os fatores relevantes referentes aos impactos da inovação tecnológica

As inovações tecnológicas do setor metal-mecânico vêm obtendo um crescimento considerável resultante de esforços e investimentos por parte das empresas do segmento de máquinas ferramentas em pesquisas e desenvolvimento de novos produtos, cada vez mais ágeis e eficientes.

Todavia, a produtividade é um dos fatores de maior impacto no desempenho de uma organização, pois influencia diretamente nos custos dos produtos e no dimensionamento adequado das fábricas relacionados à produção, pessoas e tempos de máquinas paradas.

Por outro lado, as alterações nos processos, em um contexto generalizado, correspondem na aquisição de novas máquinas ferramentas mais atualizadas, tendo estes uma maior capacidade de aumentar a produtividade e reduzir os custos através de vários fatores que, quando alinhados, acabam por possibilitar um melhor desempenho do sistema produtivo.

Verificou-se, que as novas máquinas ferramentas irão utilizar toda sua capacidade de produção, isto é, os parâmetros de corte para usinagem das máquinas serão utilizados em sua total capacidade com grande versatilidade, o que aumentará a disponibilidade da máquina para executar outros produtos e serviços.

Ressalta-se, ainda, que as novas máquinas ferramentas proporcionarão melhor acabamento superficial em seus produtos com maior precisão de usinagem, pelo fato de poder utilizar e controlar todas as variáveis que o processo necessita.

As rotações do eixo árvore e das ferramentas acionadas são programáveis de forma contínua e sem escalonamentos. Assim, será possível trabalhar nas suas condições ideais em função do material que está sendo usinado. Dessa forma, essas máquinas fazem com que os desgastes estejam sob controle das tolerâncias e do grau de acabamento superficial, evitando, de tal modo, retrabalhos e refugos.

Destaca-se o aumento da eficiência produtiva através da redução do tempo de preparação da máquina ou tempo de *setup*, porém, enquanto esta não é concluída, o processo se mantém parado, logo ineficiente. É através da redução do tempo de *setup* de máquina que se obtém um aumento na eficiência da produtividade, o que resultará em aumento do tempo de operação do equipamento.

Dessa forma, além de reduzir o tempo, não será preciso o deslocamento das peças usinadas de um equipamento para outro durante sua fabricação, pois, no mesmo equipamento, poderão ser executados todos os processos de usinagem previstos para a mesma peça, trazendo benefícios como eliminação de erros de *setup*, simplificação da operação, melhoria de qualidade, redução no nível de estoque e do tamanho dos lotes e, assim, reduzir o tempo de espera, gerando aumento da eficiência de seus recursos de produção, proporcionando maiores ganhos de produtividade.

Outro fator relevante é a respeito da busca por eficiência energética no setor com equipamentos novos. Isso se deve ao fato dos novos servos motores terem uma estrutura mais compacta e mais leve, ou seja, as novas versões dos servos motores visam minimizar os esforços de controle, ao mesmo tempo em que aumenta a produtividade e a confiabilidade. Assim, o consumo de energia será mais eficiente com melhor dissipação de calor, durabilidade, disponibilidade e desempenho.

É importante mencionar que os equipamentos ora existentes no setor não estão enquadrados nas exigências das NRs¹⁵, particularmente a NR-12¹⁶, o que proporciona riscos de acidentes aos técnicos de operação e, conseqüentemente, atraso na produção. Nesse caso, para atender à regulamentação da nova NR-12, faz-se necessária a aquisição de novos equipamentos, visando garantir a integridade física/segurança, contribuindo para eliminar acidentes, redução de custos dos clientes e, principalmente, valorizando a vida.

Considerando as legislações vigentes e a demanda por produtos e processos considerados “verdes”, o setor estudado pode se adequar ao meio ambiente através da redução dos fluidos de corte ou de uma boa manutenção dos mesmos, consistindo na eliminação de todo e qualquer desperdício, proporcionando melhoria na competitividade com redução de

¹⁵ NRs são instrumentos legais editados pelo Ministério do Trabalho e Emprego (TEM), que regulamentam procedimentos obrigatórios relacionados à Segurança e Saúde do Trabalho.

¹⁶ NR-12 publicada através da Portaria SIT Nº 197, de 17 de dezembro de 2010. D.O.U.; 24.12.2010, estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho em máquinas e equipamentos.

custos com matérias-primas, insumos e energia, além de redução, também, dos encargos ambientais causados pela atividade industrial.

5.3 Análise do Lead time de produção

Para realizar a análise de lead time total de produção entre os processos de produção atual e o proposto, ocorrido no decorrer do ano de 2015, foi necessário, inicialmente, definir os produtos, porque os mesmos fazem parte do redutor usado nas carregadeiras Bell, e serão identificados como: produto 1 (um) engrenagem, produto 2 (dois) eixo, produto 3 (três) parafuso e produto 4 (quatro) polia. Dessa forma, foi possível confrontar os dois processos produtivos, através da cronometragem de fabricação existente na própria máquina, sendo possível verificar se existe diferença de tempo de fabricação entre os dois processos.

O lead time de produção se refere ao tempo necessário para fabricar o produto, desde o início do processo de transformação da matéria prima até o acabamento final. Neste trabalho, o lead time de produção compreende o espaço de tempo entre o momento em que o aço, já cortado e faceado, entra no processo de produção, até o momento em que ele foi totalmente usinado e transformado no produto projetado.

No quadro 11 estão ilustrados os leads times de produção das peças incluindo somente os tempos gastos na usinagem, excluindo tempos gastos com setup e transporte de paletes entre atividades de produção.

O quadro 11 mostra o lead time de produção para lote de 20 produtos.

Quadro 11 – Lead time de produção para lote de 20 produtos

Produto	Tamanho do lote	Lead time de usinagem (horas)			
		Atual	Proposto	Diferença	Diferença %
1	20	5:59:12	3:01:03	2:58:09	50%
2	20	2:52:25	1:43:00	1:09:25	40%
3	20	2:05:49	1:06:19	0:59:30	47%
4	20	2:32:15	2:07:45	0:24:30	16%

Fonte: O autor

Diante deste cenário, fica evidenciado, conforme o quadro 10, que há reduções expressivas em relação ao lead times de usinagem em relação ao processo produtivo atual. O lead time de usinagem do produto 1 (um), foi o que teve uma maior redução, totalizando 50%

na produção do lote, o qual passou de 5:59:12 no sistema atual para 3:01:03 no sistema novo; na fabricação do produto 2 (dois), a redução atingiu uma diferença de 40%, ou seja, o lead times de usinagem do produto que contabilizava antes 2:52:25, no sistema novo, passou a ter um lead times de 1:43:00; na fabricação do produto 3 (três), a diferença do lead times de usinagem, contabilizou um tempo de 0:59:30, representando 47% de tempo à menos para produzir o produto; e, finalmente, o produto 4 (quatro), que teve uma menor redução, totalizando 16% na diferença do lead time para produção do lote, passando de 2:32:15 no sistema atual para 2:07:45 no sistema novo; isso aconteceu, devido à complexidade do produto. Dessa forma, foram observados ganhos significativos em todas as etapas de fabricação, que diretamente reduziram os custos de produção, melhorando assim a eficiência da área.

5.4 Análise da qualidade final dos produtos acabados

Outro fator relevante a ser considerado é a qualidade final dos produtos. Dos lotes produzidos, foram retiradas aleatoriamente 05 amostras de cada produto para aferição; estas foram realizadas no laboratório de controle de qualidade, através dos instrumentos de medições, os quais, permitem avaliar as conformidades determinadas pela organização através de processos internos, garantindo ao cliente um produto ou serviço concebido conforme padrões, procedimentos e normas. Os produtos foram avaliados, levando-se em consideração vários fatores, como, por exemplo, precisão na realização dos furos e rasgos da chaveta, ou seja, se eles estavam centralizados exatamente onde deveriam estar, se os ângulos dos canais e acabamento superficiais estavam de acordo com a simbologia, se os comprimentos conferem com os padrões, e se os produtos ajustam com firmeza e facilidade, entre outros.

O setor de controle da qualidade da empresa avaliou as amostras, conferindo notas de zero a dez para o nível de qualidade final, sendo 0 (zero) totalmente insatisfatório e 10 (dez) igual ao padrão desejado, que pode ser constatado no quadro 12.

Quadro 12 – Qualidade dos produtos fabricados

Produto	Qualidade Final	
	Atual	Proposto
1	7.5	9.0
2	8.0	10.0
3	8.5	10.0
4	7.5	9.5

Fonte: O autor

A qualidade final dos produtos fabricados pelo sistema da empresa-caso obtiveram notas mais baixas, pelo fato de que a precisão dos acabamentos não é fiel ao projeto, devido à redução da rotação do eixo árvore ou spindle (RPM) e dos desgastes das principais partes dos maquinários atuais. Em relação à produção com o sistema proposto, as notas foram maiores. Dentre os detalhes analisados, o que mais tem relevância é a precisão de usinagem, em que os furos e rasgos de chaveta são feitos, exatamente nas dimensões e posição em que deveriam estar. No processo produtivo, suas etapas são executadas conforme o projeto, dentro das tolerâncias associadas à geometria das peças, ou seja, alta exatidão dimensional, geométrica e elevada qualidade superficial, o que torna o produto dentro dos padrões de qualidade, garantindo que os ajustes finais estejam de acordo com as normas da ABNT.

5.5 Avaliação do custo de produção

Para determinar o custo de hora máquina, foi levado em conta: a depreciação das máquinas, área ocupada, os consumíveis, custo da manutenção e o consumo de energia. O quadro 13, adiante explicitado, apresenta os valores praticados em R\$ pela empresa-caso.

Quadro 13 – Valor referente à hora/máquina

Produto	Máquina CNC	Custo de h/máquina	
		Atual	Proposto
1	Centro de usinagem D1250	95,00	95,00
2	Torno Multiplic 30 D	75,50	75,50
3	Torno Multiplic 30 D	75,50	75,50
4	Torno Multiplic 40	67,50	75,50

Fonte: O autor

Com o objetivo de realizar a análise do custo de produção, foi mantido o lote de 20 produtos. A produção foi realizada em duas máquinas: no torno CNC e no Centro de usinagem CNC, foi considerado o lead time de produção conforme já apresentado no quadro 14.

Quadro 14 – Custo de produção

Produto	Tamanho do lote	Custo de Produção (hora/máquina)		
		Atual (R\$)	Proposto (R\$)	Diferença (R\$)
1	20	570,00	285,95	284,05
2	20	190,26	107,25	82,95
3	20	153,75	79,50	74,25
4	20	156,60	156,28	0,32

Fonte: O autor

Diante deste cenário, fica comprovado, conforme o quadro 13, que apesar dos valores referentes à hora/máquina não ter sofrido alteração, foi possível verificar que os resultados esperados se confirmaram, haja vista a redução dos custos de produção.

Verifica-se que, na produção do produto 1 (um) com o novo processo, a redução do custo de produção da hora/máquina foi abaixo dos 50% em comparação ao processo atual; outra diferença muito significativa foi na fabricação do produto 4 (quatro), devido ao valor da hora/máquina no novo processo, em comparação ao processo anterior, gerar um custo de produção maior em torno de 11,86%; podendo, dessa maneira, considerar que custo de produção da hora/máquina não sofreu acréscimo.

Na produção do lote do produto 2 (dois) e do produto 3 (três), foi constatada redução no custo de produção da hora/máquina, em torno de 43,15%, para o produto 2 (dois) e 48,36% para o produto 3 (três), respectivamente.

Dessa forma, entende-se que a otimização de processos de usinagem deve ser objetivo permanente das indústrias manufatureiras, especialmente nos dias de hoje, em que a globalização de mercado requer uma postura mais agressiva, obrigando-as a explorar todas as possibilidades que possam resultar no aumento de sua competitividade.

6 CONCLUSÃO

A indústria moderna vem constantemente buscando meios para seu melhor funcionamento, através da geração de produtos cada vez mais complexos e até mesmo sofisticados, exigindo sempre mais de seu processo de produção.

Com a finalidade de aprimorar o processo de produção da empresa-caso, é imprescindível buscar a racionalização industrial e o controle na área de produção, tornando sempre eficiente e definindo objetivos, através dos indicadores de desempenho, no intuito de presumir o comportamento do processo e, assim, servir de suporte com base na apreciação de informações para tomadas de decisões gerenciais.

Deste modo, o processo de tomada de decisão deverá estar mais sólido, uma vez que a redefinição dos objetivos de desempenho da empresa também estará atrelada na valorização. Essa redefinição poderá interferir sobre os critérios competitivos da produção, causando maior ou menor repercussão, a depender da natureza do plano de contingência.

Através da análise sistemática dos indicadores de performance mapeados, percebeu-se que os índices de desempenho das máquinas CNC, vem sofrendo reduções anualmente, as quais, são resultados das medidas tomadas pela gerência no intuito de se evitar paradas não programadas. A diminuição dos parâmetros das máquinas foi justificada como necessária para o melhor controle do MTBF e MTTR.

Como foi levantado, os resultados obtidos evidenciam que os processos produtivos atuais estão limitados. Logo, é importante por parte da administração a revisão dos índices de capacidade produtiva das máquinas, bem como o investimento em um programa de inovações tecnológicas que tenha uma maior capacidade, para que a demanda dos clientes não se traduza em gastos cada vez maiores.

Os resultados também apontaram que a atual matriz tecnológica das máquinas está bastante defasada, interferindo nos índices de produtividade, de tal forma que suas metas de melhoria, tais como: diminuição dos tempos no serviço, preservação dos recursos produtivos e melhoria da qualidade superficial da peça usinada, tudo isso está comprometendo as vantagens competitivas da empresa.

Constatou-se que o tempo gasto somente na usinagem nos produtos é bem diferente em ambos os sistemas produtivos, tornando o programa de inovações tecnológicas mais viável em virtude das reduções drástica no lead time de produção, o que o torna mais ágil, eficiência

e menos oneroso.

A qualidade final dos produtos fabricados com o sistema proposto é maior do que as peças produzidas com os atuais maquinários da empresa, principalmente no aspecto de exatidão dimensional e superficial. Com o programa de inovações tecnológicas é possível produzir peças com menor margem de folga, o que proporciona os ajustes finais mais precisos e mais eficiente. A precisão de usinagem proporciona encaixes precisos, conferindo exatidão e qualidade aos produtos fabricados.

Além das vantagens já citadas que o programa de inovações tecnológicas proporciona, a possibilidade de produzir novos tipos e formatos de peça nestes maquinários, a empresa poderá abrir novos nichos de mercados, uma vez que ela poderá produzir peças e produtos para outros tipos de clientes, além de que a empresa não precisará mais recusar projetos de máquinas e equipamentos complexos sugeridos pelos projetos com os quais ela trabalha, em virtude aos altos custos produtivos ou pela incapacidade do maquinário da empresa.

A realização deste estudo obteve os resultados esperados e mostrou que a implantação de um programa de inovações tecnológicas na linha produtiva na empresa-caso é viável tecnicamente e traz diversas vantagens, tais como: um ciclo de produção mais curto do produto, produto com pouco ou nenhum defeito, oferta do produto cada vez mais diversificada, além da utilização de novos materiais com padrões de qualidade mais rigorosos, observados criteriosamente em todo o processo produtivo, proporcionando uma melhor eficiência, além de provocar uma diminuição dos custos de operação e manutenção no processo de produção.

Ficou evidente que a implantação de um programa de inovações tecnológicas proporciona maior agilidade e versatilidade para a produção da empresa, introduzindo tecnologias emergentes ao processo produtivo, configurando-se em uma das mais relevantes ações de uma gestão de produção, por apresentar uma contribuição significativa, objetivando fortalecer a competitividade da empresa.

A relevância deste estudo, atenta para uma proposta de melhoria no processo produtivo do setor de usinagem computadorizada em uma empresa metal-mecânica, em relação às concorrências, permitindo que a organização inovadora se diferencie das demais, visando uma melhor posição no mercado, em termos de competitividade, ocasionado pela melhoria contínua no processo de produção. Com isso, a empresa será mais produtiva e haverá mais qualidade e precisão, assegurando produtos inovadores; conseguindo, assim, apropriar-se de melhores lucros, gerados a partir dessa diferenciação.

Dito isto, constata-se que a posterior realização de um trabalho com foco na análise de viabilidade financeira é uma sugestão para que a decisão de um investimento seja realizada com menos riscos e mais precisão.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462, **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro. 1994.
- AGAPIOU, J. S. Evaluation of the effect of high speed machining on tapping. **Journal of Engineering for industry – Transactions of the ASME**, v. 116, n. 4, 1994.
- ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação**. São Paulo: Atlas, 2003.
- ANH, J. H.; Lee, D. J.; KIM, H. Y.; CHO, K. K. Effects of Synchronizing Errors on Cutting Performance in the Ultra-High-speed Tapping. **CIRP annais – manufacturing Technology**, Coréia, vol. 52, issue 1, 2003.
- AHUJA, I. S. Total quality management implementation for reducing percent process defects in a manufacturing organization. **International Journal Business Performance Management**, v.13, n. 1, 2012.
- BANDEIRA, A. A. **Avaliação de desempenho: uma abordagem estratégica em busca da proatividade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.
- BAPTISTA, E. A.; COPPINI, N. L. Otimização de processos de usinagem: uma abordagem para sistemas de fabricação flexível que foi implementada em um sistema baseado na Web. **Anais... CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO**. Estância de São Pedro: ABCM; UNESP; UNICAMP; USP. V.4, 2007.
- BAPTISTA, E. A.; COPPINI, N. L. Alternativas de otimização dos parâmetros de corte para cenários de fabricação em usinagem. **Anais... ENEGEP'98**, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Niterói, V. 1, 1998.
- BEZERRA, A. A. et al. **Rosqueamento em ferro fundido a alta velocidade**. Revista Máquinas e Metais, São Paulo, v. 437, 2002.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência Social. **Norma Regulamentadora Nº 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Disponível em: <<http://www.mtps.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12atualizada2015II.pdf>>. Acesso em: 20 de Julho de 2016.
- BRICHESI, Devanir. Revista da Abifa: Encarte especial. São Paulo: Anatec, ed. 152, 2013.
- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Gestão de custos e formação de preços**. São Paulo: Atlas, 2010.
- CAO, T.; SUTHERLAND, J. W. Investigation of thread tapping load characteristics through mechanistics modeling and experimentation. **Internacional Jounal of Machine Tools & Manufacture**, USA, v. 42, n. 14, 2002.

CAUCHICK, M. P. A.; COPPINO, N. L. Cost per piece determination in machining process: na alternative approach. **Internacional Journal Math and Tools Manufacture**. V. 36, N. 8, 1996.

CERVO, A.L. BERVIAN, P.A. **Metodologia científica**. E ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. T. **Administração da produção para a vantagem competitiva**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CHEUNG, W. M.; XU, Y. Cost engineering for manufacturing: current and future research. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, 2012.

COPPINI, N. L.; BAPTISTA, E.; A. Alternativas de otimização dos parâmetros de corte para cenários de fabricação em usinagem. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 18, 1998.

CORRÊA, Henrique Luiz; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2011.

DA MOTA, P. R.; JUNIOR, F. G. N.; REIS, A. M.; MACHADO, A. R.; SILVA, M. B. Efeito da variação do avanço programado na máquina CNC durante o rosqueamento com machos de roscar em ferro fundido vermicular, **Anais... 6º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação**, ABCM, 2011.

DA MOTA, P. R.; GONÇALVES, P. A.; REIS, A. M.; SILVA, M. B. **Estudo do desempenho de ferramentas de aço-rápido revestidas no rosqueamento interno em alta velocidade de corte**. Anais... 15º POSMEC- Simpósio de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Uberlândia, 2005.

DANIELA, G. et al. **Avaliação da eficiência da gestão competitiva nos processos de fabricação**. In: Anais do 8o WSEAS Conferência Internacional sobre a Ciência do Sistema e Simulação em Engenharia. Mundo Científico e Academia de Engenharia e Sociedade (WSEAS), 2009.

DIN 8580 – **Fertingungsverfahren**, Beuth Verlag, Berlin, 1985.

DUTRA, R. G. **Custos: uma abordagem prática**. São Paulo: Atlas, 2010.

FERES, F. Complexidade operacional superada com a evolução da tecnologia CNC. **Revista O mundo da Usinagem**. São Paulo: Sandvik Coromant do Brasil. 8 ed., 70, ago. 2010. Disponível em < http://issuu.com/omundodausinagem/docs/omu_70 > Acessado em 08 junho de 2016.

FERNANDES, A. **Ferramenta adequada, produção alinhada**. São Paulo: O Mundo da usinagem. 14 de fevereiro de 2010. Entrevista a Thaís Tüchumantel. Disponível em: <<http://www.omundodausinagem.com.br/pdf/64.pdf>>. Acesso em 10 de Junho de 2016.

FERRARI, A. V. F. **Por mais produtividade**. São Paulo: O Mundo da usinagem. 14 de maio de 2015. Entrevista a Admin. Disponível em: <<http://www.omundodausinagem.com.br/?p=5863>>. Acesso em 12 de junho de 2016.

FERREIRA, R. S. **Como realizar investimentos inteligentes em máquinas?** São Paulo: O Mundo da usinagem. 14 de março de 2009. Entrevista a Thaís Tüchumantel. Disponível em: <<http://www.omundodausinagem.com.br/pdf/61.pdf>>. Acesso em 16 de junho de 2016.

FERREIRA, R. S. **Efeito cascata no mercado de máquinas.** São Paulo: O Mundo da usinagem. 14 de fevereiro de 2008. Entrevista a Thaís Tüchumantel. Disponível em: <https://issuu.com/omundodausinagem/docs/omu_n44_2008>. Acesso em 14 de junho de 2016.

FIGUEIREDO F. J. S.; OLIVEIRA T. R. C.; SANTOS A. P. B. M. **Estudo de tempos em uma indústria e comércio de calçados e injetados LTDA.** - XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte, MG, Brasil, 2011.

GIDDENS, A. **Sociologia.** Tradução: Sandra Regina Netz. Porto Alegre: Artmed, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2010.

GRIVOL, R. F. **Implementação de Melhorias (Aperfeiçoamento) no Sistema MOS para Otimização do Processo de Usinagem.** 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Barbara D' Oeste.

GROOVER, M. P. **Introdução aos Processos de Fabricação.** Rio de Janeiro. LTC, 2014.

HAAH, C.; AMANCIO, M. R. M. Estudo comparativo entre o processo de rosqueamento interno com o macho de corte e o rosqueamento interno com o macho laminador em ferro fundido nodular austemperado: uma abordagem das grandezas físicas. **Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838**, 2012.

HAGUENAUER, L. Competitividade: conceitos e medidas: uma resenha da bibliografia recente com ênfase no caso brasileiro. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 16, n. 1, 2012.

HANSEN, R. C. **Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros.** Porto Alegre: Bookman. 2006.

HARRINGTON, J.; LISKE, L. **Aperfeiçoando processos empresariais.** São Paulo: Makron, 1993.

HAYES, R. H.; UPTON, D.; PISANO, G. **Produção, estratégia e tecnologia:** em busca da vantagem competitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HISRICH, R. D.; PETERS, M. P.; SHEPHERD, D. A. **Empreendedorismo.** Porto Alegre: Mc Graw Hill, 2014.

HIRSCHFELD, Henrique. **Engenharia econômica e análise de custos.** 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HORNGREN, C. T.; DATAR, S. M.; FOSTER, G. **Contabilidade de custos.** 11 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **PINTEC - Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/PUBLICACAO/Publicacao%20PINTEC%202008.pdf> >. Acesso em: 23 de Agosto de 2016.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

KLAUBERG, A. L. **Aplicação de mínimas quantidades de fluido de corte nos processos de furação e rosqueamento interno de eixos para motores elétricos**. 2009. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2010.

LUIZA, D.; DANIELA, G; ALEXANDRU, E.; CONSTANTIN, F. Competitiveness based adaptive control of the manufacturing system Proceedings 8th WSEAS. **International Conference on System Science and Simulation In Engineering**, 2008.

LUZ, S. O. C.; SELMITTO, M. A.; GOMES, L. P. Medição de desempenho ambiental baseado em método multicriterial de apoio à decisão: estudo de caso na indústria automotiva. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 3, 2006.

MACEDO, M. M. Gestão da produtividade nas empresas. **Revista Organização Sistêmica**, v.1, n. 1, 2012.

MACHADO, A. R.; ABRÃO, A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. B. D. **Teoria da Usinagem dos Metais**. Minas Gerais: Blucher. 2009.

MAIA, J. L.; CERRA, A. L.; FILHO, A. G. A. Operations and technology strategy trajectories followed by automotive engine manufacturers set up in Brazil. **Journal of Operations and Supply Chain Management**, v. 3, n. 1, 2010.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento**. São Paulo: Atlas, 2005.

MIRANDA, R. C.; FERNANDES, B. C.; RIBEIRO, J. R.; MONTEVECHI, J. A. B.; PINHO, A. F. Avaliação da operação de *setup* em uma célula de manufatura de uma indústria de auto peças por meio da simulação a eventos discretos. **Revista Gestão Industrial**, v. 06, n. 03, 2010.

MITCHELL, Gordon. **Problems and Fundamentals of Sustainable Development Indicators**. Disponível em <<http://www.lec.leeds.ac.uk/people/gordon.html>>. Acesso em 26/05/2017.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operação**. São Paulo: Cengage Learning. 2008.

OCDE - ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Manual de Oslo: Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação**. Rio de Janeiro: FINEP, 2005, 3ª ed. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4639.html>>. Acesso em: 23 de Agosto de 2016.

OLIVEIRA, J. C. G. **Estudo dos tempos e métodos, cronoanálise e racionalização industrial**. 2012. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/administracao-e-negocios/estudo-dos-tempos-e-metodos-cronoanalise-e-racionalizacao-industrial/63820/>>. Acesso em: 10 novembro de 2016.

OLIVEIRA, F. **Investir é planejar**. São Paulo: O Mundo da usinagem. 14 de março de 2009. Entrevista a Thaís Tüchumantel. Disponível em: <<http://www.omundodausinagem.com.br/pdf/61.pdf>>. Acesso em: 13 de junho de 2016.

PARAGINSKI, A. L. A natureza das inovações em agroindústrias de arroz do Rio Grande do Sul. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 11, n. 1, 2014.

PAREDES, B. J. B.; SANTANA, G. A.; FELL, A. F. A. Um estudo de aplicação do radar da inovação: o grau de inovação organizacional em uma empresa de pequeno porte do setor metal-mecânico. NAVUS: **Revista de Gestão e Tecnologia**, Florianópolis, v.4, n.1, 2014.

QIAN, L.; ARIEH, D. B. Parametric cost estimation based on activity-based costing: A case study for design and development of rotational parts. **International Journal Production Economics**, v.113, 2008.

RAMJI, B. R.; MURTHY, H. N. N.; KRISHNA, M. Performance study of cryo treated HSS drills in drilling cast iron. **International Journal of Engineering Science and Technology**, v. 2, n. 7, 2010.

REIS, M. E. P.; ALVES, J. M. Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de *setup*. **Gestão da Produção**, v. 17, n. 3, 2010.

REIS, A. M.; COELHO, G. A. B.; BARBOSA, F. Q.; Silva, M. B. **Estudo da relação entre o sinal de potência e o desgaste da ferramenta para o processo de rosqueamento interno**. 13º POSMEC (Simpósio do Programa de Pós – Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

REIS, A. M. **Avaliação de desempenho de diferentes materiais de ferramenta no processo de rosqueamento interno de Ferro Fundido Cinzento, por meio do monitoramento do desgaste**. 2004. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J.; GALMAN, R. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

SALOMON, C. J. Critical Machining Velocities. 1931: German Patent n. 523594.

SANTOS, L. K.; DIAS, S. D. **Estudo da viabilidade de modernização de um setor de usinagem de uma metalúrgica**. 2010. Disponível em: <<http://www.ged.feevale.br>>. Acesso em 02 de abril de 2013.

SHARMA, V. S.; DOGRA, M.; SURI, N. M. Cooling techniques for improved productivity in turning. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 49, n. 6, 2009.

SHAW, M. C.; Abraham, B.; Pierre A. M. Friction characteristics of sliding surfaces undergoing subsurface plastic flow. **Journal of Basic Engineering**, v. 82, n. 2, 1960.

SILVA, L. R; COELHO, R. T; CATAI, R. E. Desgastes de ferramentas no torneamento com alta velocidade de corte da superliga “wapaloy”. **Metalurgia e Materiais**, 2004.

SIMÕES, D.; IAMONTI, I. C.; FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do corte de eucalipto com feller-buncher em diferentes condições operacionais. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, 2010.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, A. J.; AZAMBUJA, A. S.; MELLO, M. S.; ROSA, G. C. Análise comparativa da vida das ferramentas de corte alisadora (wiper) e convencional (standart) no torneamento de acabamento do aço SAE 4140. **Anais... 7º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação**, Penedo, Itatiaia – RJ – Brasil, 2013.

SUTHERLAND, D. **China's large enterprises and the challenge of late industrialization**. 1ª ed. Nova Iorque; Routledge, 2003.

TIDD, J.; BESSANT, J. **Inovação e empreendedorismo**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

TORELL, Wendy; AVELAR, Victor. Tempo Médio entre Falhas: Explicação e Padrões. **W. Kingston, Rhode Island: American Power Conversion**, 2004.

ANEXO



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE ENGENHARIA INDUSTRIA
<http://www.pei.ufba.br>



MODELO DE PLANILHA PARA A COLETA DOS DADOS DA PERFORMANCE DAS MÁQUINAS CNC

ANO	2013	2014	2015
MTTR (h)			
MTBF (h)			
NB DE RISCO			
TEMPO DE REPARO (h)			
CUSTO (R\$)			
ROTAÇÃO DO EIXO ÁRVORE (RPM)			

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA

CEP: 40.210-630

Telefone: (71) 3283-9800

E-mail: pei@ufba.br

Home page: <http://www.pei.ufba.br>

