

AS PRINCIPAIS VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM NO DESEMPENHO DO CENTRO DE USINAGEM CNC

Alex Augusto Calsavara – alex.calsavara@fatec.sp.gov.br

Alexandro Francisco Tozzi – alexandro.tozzi@fatec.sp.gov.br

Caio Machado – caio.machado2@fatec.sp.gov.br

Everton Carlos do Nascimento – everton.nascimento3@fatec.sp.gov.br

Gabriel de Oliveira Gomes – gabriel.gomes30@fatec.sp.gov.br

Jéssica Belentani Zambelli – jessica.zambelli@fatec.sp.gov.br

Vinicius Gabriel da Silva Zaneti – vinicius.zaneti@fatec.sp.gov.br

Fatec Matão – Luiz Marchesan – Matão – São Paulo – Brasil

RESUMO

O projeto foi desenvolvido para uma empresa de peças e implementos agrícolas, situada na cidade de Matão-SP. O trabalho visa realizar levantamento de dados de variáveis que influenciam diretamente a produtividade em um centro de usinagem CNC e através dessas informações buscar opções de melhorias nos processos. A pesquisa realizada para a elaboração do trabalho foi de caráter quantitativo, com coleta de dados com um centro de usinagem CNC determinado pela empresa, e qualitativo, através da busca de artigos e casos de sucesso relacionados ao tema. Os resultados alcançados com a análise dos dados servem de embasamento na tomada de decisão em a sugestão de planos de ação corretivos. Além disto, identificou-se nas análises realizadas, que há necessidade de ajustes para garantir a estabilidade e conseqüentemente a garantia da qualidade e melhoria contínua do processo.

Palavras-chave: Qualidade. Controle. Melhoria. Eficiência. Processo.

ABSTRACT

The project was developed for a company of parts and agricultural implements, located in the city of Matão-SP. The work aims to carry out data collection of variables that directly influence productivity in a CNC machining center and, through this information, seek options for process

improvements. The research carried out for the elaboration of the work was quantitative, with data collection with a CNC machining center determined by the company, and qualitative, through the search for articles and success stories related to the theme. The results achieved with the analysis of the data serve as a basis for decision making and the suggestion of corrective action plans. In addition, it was identified in the analyzes carried out that there is a need for adjustments to ensure stability and consequently quality assurance and continuous improvement of the process.

Keywords: Quality. Control. Improvement. Efficiency. Process.

1. INTRODUÇÃO

Os países com economias emergentes têm forçado as indústrias a procurarem novos e mais eficientes métodos de pesquisa e desenvolvimento para novos produtos, transformando a qualidade/preço baixo em um artifício que poderá determinar o crescimento ou falência da empresa. Com a globalização dos mercados, a concorrência tornou-se mais acirrada, exigindo das empresas um desempenho de classe mundial.

Devido a situação acima exposta, entre outras, a maioria das companhias tiveram que adequar-se à qualidade aos níveis dos novos e exigentes padrões mundiais. O objetivo e o foco de qualquer usuário de um determinado bem físico é que ele desempenhe satisfatoriamente a sua função, ou seja, faça aquilo que seu usuário quer que ele faça. Tal objetivo só é alcançado através de um projeto, instalações e utilização de matéria-prima adequada, mão-de-obra especializada e comprometida com a qualidade.

Dentro desse contexto, a necessidade de aperfeiçoar os processos e aumentar a agilidade para resolução das causas de paradas das máquinas, objetivando aumentar o desempenho da mesma tem se mostrado extremamente importante nas indústrias. Segundo Veloso (1995) para averiguar o desempenho de uma máquina é necessário analisar as seguintes atividades: operação, setup, ociosidade e manutenção. Contador (1995) ressalta que a atenção deve ser concentrada nos tempos improdutivos de maior importância das máquinas mais utilizadas.

Neste sentido o presente trabalho tem por objetivo principal identificar as principais variáveis que influenciam no desempenho de um centro de usinagem CNC. Para isso será desenvolvido um estudo de caso analisando a situação atual da empresa e propondo soluções para melhor eficiência do processo.

JUSTIFICATIVAS PELA ESCOLHA DO TEMA

Tema apresentado pela empresa, para levantamento de dados e identificação das principais variáveis que influenciam negativamente na eficiência de um centro de usinagem CNC.

OBJETIVOS

- Identificar as principais ocorrências diárias que influenciam no desempenho do centro de usinagem CNC;
- Análise dos dados coletados para identificar anomalias de processo;
- Apresentação de soluções que minimizem falhas encontradas, visando melhoria do processo e contribuindo para redução de custos e desperdícios;

MÉTODO DE PESQUISA ADOTADO:

Considerações Iniciais

O objetivo desta seção é apresentar o método de pesquisa adotado, a partir da caracterização da pesquisa, a composição da amostra, os procedimentos para a coleta de dados e as fases da pesquisa.

Caracterização da Pesquisa

Segundo os autores Cervo e Bervian (2007), o método pode ser entendido nas ciências como o conjunto de processos que o espírito humano deve empregar na investigação e demonstração da verdade.

A partir do recorte analítico sobre a influencia de variáveis na eficiência de um centro de usinagem.

Segundo seus métodos de procedimentos, esta pesquisa classifica-se como:

- a) Pesquisa bibliográfica, pois procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos. Seu principal objetivo é conhecer e analisar as contribuições científicas sobre um determinado assunto, tema ou problema (CERVO; BERVIAN, 1996; LAKATOS; MARCONI, 2011);

- b) Estudo de caso, pois envolve uma investigação empírica que estuda um fenômeno contemporâneo dentro do contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (YIN, 2005).

Um projeto de estudo de caso normalmente combina métodos de coletas de dados, como entrevistas, questionários, análise de documentos e observações (EISENHARDT, 1989).

Esta pesquisa utiliza os seguintes instrumentos para a coleta de dados (VERGARA, 2009):

- a) Questionário de Caracterização: cujo objetivo é conhecer as unidades de análise que compõem a pesquisa;

O questionário é um instrumento de pesquisa constituído por uma série de questões sobre determinado tema (VERGARA, 2009; VIEIRA, 2009).

Fases da Pesquisa

Revisão Bibliográfica

Segundo Gil (2009), a principal finalidade de uma revisão bibliográfica é proporcionar a apresentação sumarizada do arcabouço teórico que fundamentará o estudo de caso, além de informar acerca do quanto já se investigou a respeito do tema e quais são as indagações (lacunas) que ainda permanecem.

Estudo de Caso

O estudo de caso permite que perguntas do tipo por que, o que e como, sejam respondidas, com um entendimento relativamente completo sobre a natureza e complexidade do fenômeno (YIN, 2005; GIL, 2006; CRESWELL, 2007).

Outro instrumento importante para guiar o pesquisador durante seu trabalho de pesquisa é o protocolo de estudo de casos. O protocolo de estudo de casos apresenta não apenas o instrumento de coleta de dados, mas também define a conduta a ser adotada para a sua aplicação, aumentando a sua confiabilidade. A Ilustração 1 a seguir representa o Protocolo de Estudo de Caso, segundo as diretrizes propostas por Yin (2005).

Ilustração 1 - Protocolo do estudo de caso.

PROCOLO DE ESTUDO DE CASO

Questão de pesquisa	Como minimizar os efeitos de ocorrências sobre o desempenho das máquinas.
Unidades de análise	Uma empresa do setor de implementos agrícolas.
Limites de tempo	De fevereiro a junho de 2023.
Local	Fatec Matão Luiz Marchesan, empresa do ramo de implementos agrícolas localizada no interior de São Paulo.
Confiabilidade	Protocolo de estudo de caso.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 – Eficiência na produção

Conforme Ramo (1980), a produtividade é um índice em que se caracteriza a eficiência de determinada atividade como um processo produtivo, por exemplo. Logo, não existe um índice único para qualquer tipo de atividade. Para se medir produtividade, geralmente se usa uma relação que envolve pessoas, tempo, quantidade de produtos para serem fabricados na linha de produção e produtos prontos que saem da linha de produção, criando-se assim uma eficiência. Segundo Harmon e Peterson (1997), as máquinas, ferramentas e instrumentos devem ser projetados para facilitar a operação, manutenção e setup, em vez de serem complexos. A equipe responsável pelo aumento da produtividade deve promover mudanças físicas nos equipamentos, ferramentas e/ou métodos que simplifiquem as operações.

Ohno (1997) destaca que a produtividade pode ser aumentada mais facilmente em períodos de alto crescimento, mas é durante as crises que ela deve ser melhorada para evitar o fracasso da empresa. Para isso, é necessário eliminar ao máximo desperdícios e reduzir custos, em vez de produzir em excesso. Ele ressalta ainda que é importante ter medidas de combate específicas para cada problema encontrado.

Os setores de produção e manufatura devem buscar a eficiência e a otimização dos custos para manter a competitividade do produto e atender às demandas do mercado consumidor. Segundo Harmon e Peterson (1997), as operações de usinagem, assim como outras áreas da fábrica, representam uma oportunidade para introduzir melhorias significativas. No entanto, essas operações geralmente envolvem complexos problemas que precisam ser solucionados com base técnica.

2.2 - Redução de Eficiência em Processos de Usinagem

De acordo com especialistas como Harmon e Peterson (1997), Schonberger (1988) e Plute (1998), a perda de produtividade em uma fábrica está frequentemente ligada a quatro aspectos relacionados aos

processos de usinagem: manutenção, organização das linhas ou células de produção, troca de ferramentas (setup) e gerenciamento inadequado de ferramentas. Abaixo, analisaremos como cada um desses itens afeta a eficiência da produção na fábrica.

2.2.1 - Manutenção

Harmon e Peterson (1997), destacam que manutenção preventiva é essencial para garantir máquinas e equipamentos operem adequadamente. No entanto, essa prática não é capaz de evitar todas as falhas ou paradas repentinas. É importante que os equipamentos em estado ruim sejam restaurados ou substituídos, de modo a minimizar o tempo de paralisação e os custos de manutenção

Operadores treinados para executar pequenos reparos e manutenção em suas próprias máquinas ou células de trabalho também é um fator que reduz o tempo de parada de equipamentos, pois a maioria delas envolvem desmontagem, substituição de peças e remontagem. Com a devida capacitação, essa atitude reduziria o custo de parada dos mesmos.

O objetivo do setor de manutenção é otimizar o tempo dos técnicos ao reduzir o deslocamento para o local do reparo e para o departamento de manutenção central. Uma maneira de alcançar isso é por meio do uso de Kits de ferramentas portáteis que contêm as ferramentas rotineiramente transportadas de uma máquina para outra. Esses kits devem ser projetados para serem fáceis de carregar e de uso frequente, reduzindo a necessidade de idas e vindas dos técnicos para a área de manutenção central em busca de ferramentas e peças.

Para garantir uma quantidade adequada de materiais para a manutenção, é preciso fazer um planejamento das necessidades de materiais, como sugerido por Corrêa (2001). Segundo o autor, o cálculo de necessidade de materiais baseia-se na visão de futuro das necessidades de disponibilidade do produto em questão. Com base nessa visão, é possível calcular os momentos e as quantidades necessárias para cada componente do produto, evitando falta ou sobra de materiais.

2.2.2 – Preparação de Maquinas (*Setup*)

De acordo com Harmon e Peterson (1997), existem diversas técnicas que contribuem para uma produtividade superior, mas algumas merecem atenção especial, como a organização em sub-fábricas pequenas e focalizadas, a melhoria da utilização do espaço e a redução do tempo, custos e complexidade do *setup* de máquinas.

Reduzir tempo de *setup* é fundamental, pois quanto maior esse tempo, maior a necessidade da produção de grandes lotes para viabilizar esse custo, gerando um investimento

elevado em estoque. Porém, se o custo de conversão é baixo, é possível produzir de acordo com a demanda, sem a necessidade de grandes lotes e investimentos em estoques. Além disso, técnicas mais rápidas e simples de troca de ferramentas eliminam a possibilidade de erros na regulagem de ferramentas e instrumentos, e podem ser utilizadas para aumentar a eficiência da máquina.

A maioria das fábricas enfrentam os custos de troca de ferramenta nas máquinas. Uma forma de reduzir esses custos é a melhoria no tempo de *setup*. Existem dois tipos de operação de *setup*: Interno (*online*) e externo (*offline*). As operações de *setup offline* são aquelas realizadas com a máquina em funcionamento, como trazer as matérias-primas, ferramentas e peças necessárias. As operações de *setup online* são executadas enquanto a máquina está parada entre a produção do item anterior e a do próximo. É possível otimizar o tempo de *setup* através de ações como planejamento e centralização da produção de itens por máquinas e também o uso de *setup offline* sempre que possível, tendo em vista que com essa ação a redução do tempo de parada da mesma será maior.

2.2.3 – Gerenciamento de Ferramentas

O setor industrial tem como objetivo produzir uma grande variedade de produtos para atender às necessidades do mercado, o que demanda recursos cada vez maiores, incluindo o uso de ferramentas.

Anumolu e Shewchuk (2000) ressaltam a importância crítica das ferramentas para o gerenciamento de processos de produção, e apresentam estatísticas que demonstram o impacto negativo da falta de gerenciamento adequado das ferramentas na produção. Isso inclui perda de tempo do plano de produção, tempo do operador gasto solicitando ferramentas e materiais, gastos excessivos em ferramentas e inventários de ferramentas desnecessárias.

Para Plute (1998), o gerenciamento adequado das ferramentas é fundamental para reduzir o tempo de máquina parada, os custos de inventário e aumentar a confiança da produção na área de ferramentas. Ele destaca que o gerenciamento de ferramentas também ajuda na identificação de ferramentas duplicadas e na determinação de quantidades adequadas de estoque para cada ferramenta.

Fortulan e Resende (1997) alertam para o fato de que, em um ambiente de produção cada vez mais automatizado, o gerenciamento adequado das ferramentas é fundamental para evitar desperdícios e manter a produção funcionando de forma eficiente. Na maioria das empresas de usinagem, o gerenciamento inadequado das ferramentas pode levar a atrasos na produção, estoques excessivos ou falta de ferramentas.

3 ESTUDO DE CASO

A empresa objeto de estudo é a Empresa A. Essa empresa é das maiores e mais modernas fabricas de máquinas e implementos agrícolas da América Latina, destacando-se pelos padrões internacionais de qualidade e pela sua constante busca em inovação, atendendo o mercado interno e externo, exportando seus produtos para mais de 70 países pelo mundo.

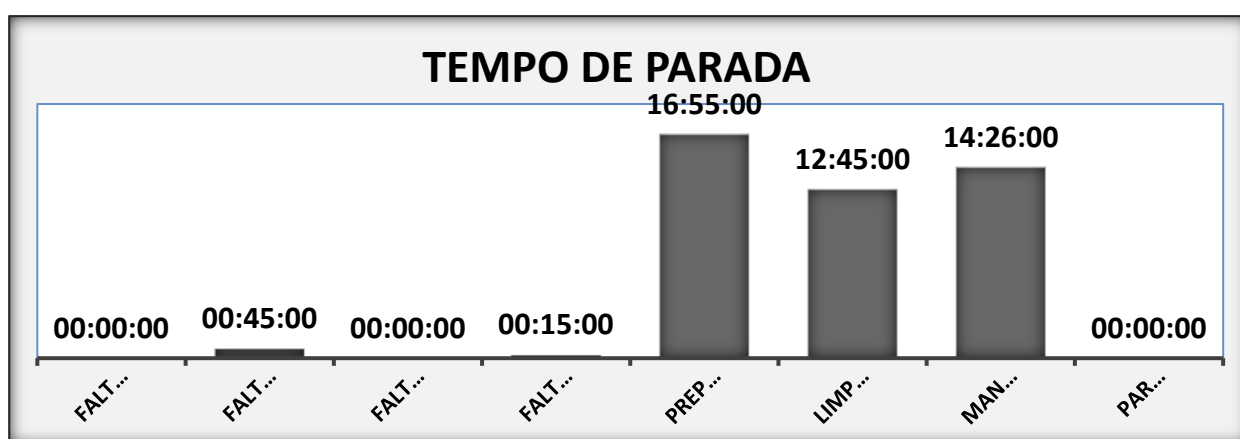
3.1 Objeto de estudo

O estudo das variáveis que influenciam na produtividade foi realizado num centro de usinagem CNC (Figura X). As informações foram coletadas forma aleatória durante 13 dias com carga horária diária de 17:36 h, entre os dias 30/03 a 04/05, através de um formulário no qual os operadores da máquina selecionada pela empresa registravam os motivos e seu respectivo tempo de parada. As possibilidades de paradas se dividem da seguinte maneira: Falta de Peça, Falta de Ferramenta, Falta de Instrumento, Falta de Programa, Preparação, Limpeza, Manutenção e Parada do Operador. A Figura X ilustra o formulário utilizado.

4 RESULTADOS OBTIDOS

As paradas que tiveram ocorrências foram as seguintes: Falta de Programa, Falta de Ferramenta, Limpeza, Manutenção e por fim Preparo. Contudo, observou-se que os pontos críticos das paradas da máquina se dão em função de Limpeza, Manutenção e Preparação. Assim, essas três variáveis foram analisadas a seguir. A Figura X ilustra as principais paradas com seus respectivos tempos

Variáveis e seus respectivos tempo de parada



Fonte: Os autores

A parada para **Limpeza** apresentou um total de aproximadamente 13 horas, o que resulta em 1 hora de parada por dia. Essa é uma parada necessária, pois faz parte do protocolo de bom funcionamento da máquina. Isso demonstra a estabilidade do tempo para realizar o processo de

limpeza. que se poderia planejar seria a otimização dessa limpeza, para redução do tempo e aumento da produtividade da máquina.

A segunda variável chamada de **Manutenção** resultou em quatorze hora e vinte e seis minutos de paradas realizar intervenções de manutenção na máquina. Isso resulta em aproximadamente 1:06 (uma hora e seis minutos) por dia para essa atividade.

Por último, a variável chamada de **Preparação**, na qual são realizados os setups (troca de ferramentas na máquina) das ferramentas resultou em 16:55 h de parada. Esse tipo de atividade é necessário, pois quando há troca do tipo de peça a ser processada é necessário a troca de ferramentas para poder realizar o trabalho nessa peça. O total de horas de paradas para essa variável dividido pelos 13 dias de acompanhante resultou em aproximadamente 1:16 h (uma hora e dezesseis minutos).

Análise dos resultados

As três principais variáveis juntas consomem um total de 3:22 h (três horas e vinte e dois minutos) por dia. Isso representa, dentro da carga horária diária de 17:36 h, 18% do tempo de trabalho, gasto com paradas para atender as necessidades das três principais variáveis estudadas. Essas variáveis apresentam de forma isoladas praticamente o mesmo tempo de parada, sendo assim, faz-se necessário um estudo mais aprofundado para buscar mitigar o tempo gasto em cada uma das variáveis. Isso é importante para detectar em cada uma dessas três variáveis as principais causas que podem resultar nos tempos de paradas.

Por exemplo, uma avaliação mais detalhada sobre os setups que estão sendo utilizados na máquina. O uso de setups off-line da máquina poderia oferecer uma visão mais ampla, e possivelmente a correção de algum que esteja no modo on-line e que possa ser operado de forma off-line, já reduziria esse tempo de parada.

Para a mitigação do tempo de manutenção, pode-se sugerir um treinamento dos operadores para facilitar a identificação de pontos críticos da máquina, possíveis reparos a serem feitos que possam evitar a quebra ou danificação dos componentes. Assim como a implantação de um programa de manutenção preventiva e preditiva.

Já para a variável de limpeza,**FAZER SUGESTÕES**

Assim, não foi realizado uma análise dos processos de paradas com o objetivo de identificar as melhores práticas para diminuir esse tempo.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Foi possível através deste estudo evidenciar as principais variáveis que apresentam mais tempo de parada da máquina estudada. Um fato que chama a atenção foi o tempo de parada para cada uma das três variáveis que ficou na casa de 1 hora.

Isso demonstra a importância de um estudo mais aprofundado em cada uma dessas variáveis com o objetivo de evidenciar as causas geradoras desse tempo.

O uso de ferramentas de qualidade, como diagrama de Ishikawa, curva ABC, dentre outras, poderão ajudar a estruturar essas causas e assim criar ações de correções que visam diminuir o tempo de parada.

Adicionalmente, seria importante realizar o mesmo estudo em outros centros de usinagem, para poder realizar uma comparação com relação ao tipo de produto que ela fábrica, o idade da máquina, a marca da máquina, dentre outras variáveis que poderão dar um indicativo mais amplo e assim poder utilizar técnicas gerenciais mais precisas na gestão da produção desse tipo de máquina.

REFERÊNCIAS (COLOCAR EM ORDEM ALFABETICA)

- CAMPOS, V. F. TQC:** Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992. Ambobres de freio e cubos de roda, através do CEP (Controle Estatístico de Processo)
- RAMO, SIMON.** The management of innovative technological corporations. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons, Inc 1980.
- HARMON, ROY L.; PETERSON, LEROY D.** Reinventando a fábrica: Conceitos Modernos de Produtividade Aplicados na Prática, Editora Campus. 1997.
- OHNO, TAIICHI.** O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Tradução: Cristina Schumacher – Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

RIBEIRO, PAULO DÉCIO. Kanban – Resultados de uma implantação bem sucedida. 4ª edição, Rio de Janeiro: COP Editora, 1989.

SCHONBERGER, Richard J., Fabricação Classe Universal; As Lições de Simplicidade Aplicadas; Tradução de João Mário Csillag; Editora Pioneira, São Paulo, Brasil. 1988.

PLUTE, M. Tool Management Strategies. Cincinnati: Hanser Gardner, 1998

CORRÊA, H. L.; GIANESI, IRINEU G. N.; CAON, MAURO. Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/ERP: conceitos de uso e implantação. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

TANI, GIOVANNI. Gerenciamento de Ferramentas em sistemas de manufatura equipados com máquinas CNC. Máquinas e Metais, São Paulo, p.46-56, dezembro 1997.

BOOGERT, R. M. Tool Management in Computer Aided Process Planning. 1994.

ANUMOLU, BHARAT; SHEWCHUK, JOHN P. Design of a tooling database implementation for an existing facility. Industrial and Systems Engineering Department, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA 24061, USA, 2000.

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia Científica.** 4.ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

CERVO, A.L.; BERVIAN, P.A. **Metodologia científica.** 6.ed. São Paulo: Pearson Prentice-Hall, 2007.

CRESWELL, J.W. **Projeto de pesquisa:** métodos qualitativos, quantitativos e misto. Trad. Luciana de O. da Rocha. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

EISENHARDT, K.M. Building Theories From Case Study Research. **The Academy of Management Review.** Vol. 14, n. 4; p.532-550, 1989.

LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Técnicas de Pesquisa:** planejamento e execução de pesquisas. Amostras e técnicas de pesquisa. Elaboração, análise e interpretação de dados. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2011.

VERGARA, S.C. **Projetos e Relatórios em Administração.** 16.ed. São Paulo: Atlas, 2016.

YIN, R.K. **Case Study Research:** design and methods. 3.ed. SAGE Publications, Inc., 2005.

Fazer uma breve síntese do objetivo do artigo e como ele foi alcançado, destacar os principais resultados obtidos, bem como sugerir pesquisas futuras e comentar as limitações do estudo são exemplos para construir esta seção. Ou seja, a conclusão é a parte final do texto, onde são apresentadas conclusões ou as considerações finais correspondentes aos objetivos ou hipóteses propostas. É um processo de síntese dos principais resultados, com as críticas do autor e as contribuições do trabalho realizado. Portanto, na conclusão, torna-se necessário responder aos objetivos e as hipóteses do trabalho.

REFERÊNCIAS

São livros, textos, artigos, periódicos e outros, consultados para a elaboração da monografia. Cada especificação do material pesquisado e utilizado deve estar de acordo com as **NORMAS DA ABNT**.