



UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO COMO FATOR DE APOIO À DECISÃO DE SUBSTITUIÇÃO DE EQUIPAMENTOS

APPLYING THE MAINTENANCE INDICATORS AS A FACTOR FOR SUPPORTING THE DECISION OF EQUIPMENT REPLACEMENT

Gabriel Radavelli Orzechowsky Pereira – gabrielradavelli@hotmail.com

Ronaldo de Campos – ronaldodecampos.rc@gmail.com

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC) – São Paulo – Brasil

RESUMO

Este estudo aborda a viabilidade de substituição de um determinado equipamento do tipo torno CNC em uma empresa do ramo metalúrgico situada no interior de São Paulo mediante informações obtidas a partir de análises de indicadores envolvidos no processo de manutenção. A partir de uma inicial revisão conceitual sobre o tema, foram apresentadas as funções da manutenção e o uso de seus indicadores, como fator determinante na tomada de decisão para a substituição do equipamento. Nesse um cenário foram inseridos também os custos de operação e de manutenção em um determinado período de tempo. Os resultados se basearam nos indicadores de manutenção que demonstram que o equipamento deveria ser substituído por apresentar custos de operação e manutenção elevados, alta frequência de necessidade de manutenção e conseqüente quantidade elevada de horas de equipamento parado, evidenciado que a decisão de investir em um novo equipamento torna-se adequada para se obter maior capacidade produtiva e qualidade.

Palavras-chave: Torno CNC. Manutenção. Indicadores. Custos. Substituição. Viabilidade.

ABSTRACT

This study addresses the viability of replacement a certain equipment of the type CNC lathe in a company in the metallurgical industry located in a small city of São Paulo through information obtained from analyzes of indicators involved in the maintenance process. From an initial conceptual review about the theme, were presented the functions of maintenance and the use of indicators, such as determining factor in decision-making for the replacement of equipment. In this scenario were inserted also the costs of operation and maintenance in a given period of time. The results are based on maintenance indicators that demonstrate that the equipment should be replaced by the present costs of operation and maintenance costs, high frequency of need for maintenance and consequent high amount of hours of equipment stopped, evidenced that the decision to invest in new equipment becomes suitable for obtaining greater productive capacity and quality.

Keywords: Lathe CNC. Maintenance. Indicators. Costs. Replacement. Viability.



1 INTRODUÇÃO

A crescente competitividade no cenário atual do sistema mundial de produção, exigiu que as organizações se adaptassem às mudanças, e a obtenção de novas ferramentas, com o objetivo de obter maior produtividade e qualidade de seus processos e produtos. Desse modo, diversos elementos passaram a ser fundamentais no processo produtivo, e entre eles se destaca: A manutenção.

É nesse contexto de busca pela melhoria e confiabilidade que a organização, foco desse estudo, após verificar custos de operação, custos de manutenção e falta de capacidade do processo, envolvendo todas as aplicações de um determinado equipamento, tomou a decisão de analisar a viabilidade de mantê-lo em operação. Essa necessidade despertou a procura pela resposta da seguinte questão: Como se daria um processo de análise de índices que, a partir do processo de manutenção, poderiam auxiliar na decisão pela substituição ou não de um equipamento?

Com objetivo de nortear a resposta à esta questão, este estudo destacou alguns índices que podem apoiar nas decisões de substituição de um equipamento, uma vez que as despesas de manutenção podem superar o valor dos investimentos em novos equipamentos, quando estes ultrapassam sua vida útil. A estrutura do estudo baseou-se em uma primeira revisão teórica seguida de um estudo de caso baseado em dados obtidos durante o processo de manutenção do equipamento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA [Manutenção Industrial]

Para Kardec e Nascif (2009) manutenção significa garantir a confiabilidade e disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de tal forma que possa atender um processo de produção ou de serviço, prevalecendo a segurança, preservando o meio ambiente e custos adequados.

Atualmente, a economia globalizada exige competitividade de tal forma que é de essencial importância melhorias e redução de custos nos processos produtivos, fazendo com que seja necessário o aumento de equipamentos e processos. Neste contexto, a manutenção passou a ter papel importante na indústria, usada como ferramenta estratégica para ganho produtivo (SIQUEIRA, 2009).



A manutenção como ferramenta estratégica das organizações é responsável diretamente pela disponibilidade de seus equipamentos, e com a implantação da gestão da manutenção na empresa, seus resultados serão melhores e mais satisfatórios.

2.1 Gestão da Manutenção

Em face das grandes mudanças ocorridas nos setores tecnológicos e de produção nos últimos anos, com complexidade cada vez maior dos equipamentos, a manutenção passou a desempenhar papel estratégico nas organizações modernas, sendo o diferencial das empresas líderes em seus segmentos, assegurando confiabilidade e capacidade maior de produção KARDEC & NASCIF (2005, p.23).

2.1.1 Manutenção Corretiva

Kardec e Nascif (2009) definem manutenção corretiva como a atuação para a correção da falha ou do desempenho exercido pelo equipamento ou sistema, menor do que o esperado. É o conceito de manutenção muito utilizada atualmente e consiste em duas condições específicas para que seja praticada: quando apresenta desempenho menor que o esperado apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais e quando há ocorrência de falha.

2.1.2 Manutenção Preventiva

Manutenção Preventiva consiste em realizar atuações de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado pela gestão de manutenção, baseado em intervalos de tempo definidos (SELEME, 2015; KARDEC & 24 NASCIF, 2009).

Trata-se de uma política totalmente inversa a Manutenção Corretiva, pois busca evitar a ocorrência de falhas. Entretanto, a chance da falha ocorrer durante a vida útil do equipamento existe apesar das chances serem mínimas (KARDEC & NASCIF, 2009).



2.1.3 Manutenção Preditiva

A manutenção Preditiva quando aplicada de forma correta, é a manutenção que oferece os melhores resultados. A Manutenção Preditiva está diretamente relacionada à segurança pessoal e operacional, qualidade do produto, redução de custos através das constates monitorações que proporcionam a redução de intervenções desnecessárias e, por último, manter o equipamento operando por mais tempo e de modo seguro, em contrapartida, a grande maioria das empresas associa a manutenção preditiva à uma ação com custos elevados (KARDEC & NASCIF, 2009).

2.1.4 Manutenção Detectiva

Para Kardec e Nascif (2009), Manutenção Detectiva significa efetuar atuação em sistemas de produção, comando e controle, buscando identificar falhas ocultas ou imperceptíveis pelo pessoal de manutenção e operação.

2.2 Custos de Manutenção

O custo de manutenção é constituído pela soma de todos os gastos atrelados a manutenção (custo da mão de obra própria, custo do serviço de terceiros e custo material) em um determinado período. Porém existem duas formas para analisar o custo da manutenção em nível empresarial (KARDEC & NASCIF, 2009).

2.3 A Engenharia Econômica

De acordo com Casarotto Filho e Kopittke (2000) somente um estudo econômico pode confirmar a correta viabilidade técnica de projetos. A gestão da manutenção juntamente com a engenharia econômica tem por objetivo a análise econômica de decisões sobre investimentos, a fim de identificar quais promovem maior retorno financeiro e menor risco de prejuízo.

2.4 Indicadores de Desempenho da Manutenção



De acordo com Pinto (2002) para se obter um sistema de controle da manutenção eficiente e eficaz, tornam-se necessárias informações de desempenho do mesmo sob a forma de relações ou índices. Esses indicadores deverão ser utilizados para indicar os pontos fracos e também para identificar os possíveis problemas que estão causando resultados indesejáveis no sistema produtivo.

Dessa forma, os indicadores de manutenção servem como tradução do comportamento dos equipamentos e sistemas de produção frente ações de manutenção. Alguns desses indicadores são apresentados a seguir.

2.4.1 Tempo Médio Entre Falhas – MTBF

O Tempo Médio Entre Falhas (Mean Time Between Failures - MTBF) reflete a frequência de intervenções no equipamento durante determinado tempo específico.

Define-se tempo total trabalhado como o total do tempo em que se deveria estar produzindo, ou seja, considera o tempo em que efetivamente houve produção mais o tempo de parada não planejada de equipamento.

Abaixo está representado a equação para o cálculo do MTBF.

Equação 1- Cálculo do indicador MTBF

$$MTBF = \frac{T_{total}}{n}$$

Fonte: Viana 2002

Onde: T_{total} = Tempo total trabalhado (em minutos ou horas).
 n = Número de intervenções.

2.4.2 Tempo Médio Para Reparos - MTTR

O Tempo Médio Para Reparo (Mean Time To Repair - MTTR) reflete o tempo médio em que o equipamento deixa de operar devido à uma ação relacionada à manutenção.

Equação 2 – Cálculo do indicador MTTR



$$MTTR = \frac{T_{np\text{ man.}}}{n}$$

Fonte: Viana 2002

Onde:

TNP man. = Tempo total de paradas não planejadas devido à manutenção
n = Número de intervenções

2.4.3 Disponibilidade do Equipamento

O indicativo de disponibilidade do equipamento demonstra a porcentagem de tempo em que o equipamento funcionou, também indica a porcentagem de tempo que ficou parado com seus devidos motivos (MORAES, 2004).

De acordo com Verri (2012) A disponibilidade é o indicador mais importante para a manutenção. As perdas devido a falhas em equipamentos são consideráveis, e o objetivo da manutenção deve ser propiciar a máxima continuidade operacional através de uma grande disponibilidade.

Equação 3 – Cálculo Disponibilidade

$$DISP = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Fonte: Viana 2002

Onde:

MTBF = Tempo Médio Entre Falha
MTTR = Tempo Médio Para Reparos.

3 ESTUDO DE CASO

No que diz respeito à sua perspectiva de seus objetivos, conforme explicam Silva e Menezes (2001), este estudo foi classificado como uma pesquisa descritiva uma vez que pretendeu se descrever características de uma determinada população. Entende-se que tal população foi aqui representada pelo equipamento que passava pelo processo de manutenção.



O estudo foi realizado em uma empresa do setor metalúrgico, fabricante de máquinas e implementos agrícolas, situada no interior de São Paulo que, após identificar oportunidades de melhoria de eficiência no setor de produção, resolveu realizar um estudo de viabilidade econômica na substituição de equipamentos obsoletos, que apresentavam baixa eficiência e manutenção excessiva. A descrição dos equipamentos, sua forma de funcionamento e algumas informações técnicas são apresentadas nas seções seguintes.

Os dados para análise quantitativa foram obtidos em relatórios internos das empresa e apresentados na forma de cálculos e tabelas, sendo considerado o período que engloba os anos de 2016 e 2017. Por critérios de confidencialidade, a empresa não permitiu a divulgação de sua identificação.

3.1 Processo de Usinagem por meio de Torno CNC

Para melhor compreensão do trabalho em estudo, torna-se necessário o esclarecimento dos processos de usinagem por meio de torno CNC.

Com o desenvolvimento tecnológico, a exigência dos consumidores e a necessidade das indústrias de produzirem peças complexas com tolerâncias mínimas, e a competitividade para atender e sobreviver num mercado cada dia mais competitivo, fez com que o setor de Usinagem também tivesse grandes avanços. O processo de usinagem por meio de máquinas automatizadas é um dos principais processos de transformação de materiais fundidos.

O processo de usinagem se refere a várias técnicas de transformação industrial de um determinado tipo de material, a principal ideia da usinagem consiste em converter um metal/material em uma peça indústria, para isso são realizadas operações onde se elimina e modifica o material. A usinagem CNC se dá através de uma máquina controlada por comandos numéricos, ou seja, é um processo de fabricação que utiliza computadores para automatizar máquinas e ferramentas em diversas etapas de produção. Essa linguagem de programação gera uma série de valores numéricos para que uma máquina CNC possa utilizar as informações e mover e operar uma variedade de ferramentas. O processo de usinagem por meio de máquinas automatizadas é adequado para a produção em massa, uma vez que a matéria prima pode ser transformada em peça pronta em uma única etapa, o uso desta tecnologia proporciona uma série de vantagens comparativas, entre as quais se destacam:



elevada produtividade e alta qualidade. A análise de viabilidade na substituição de equipamentos obsoletos realizada na empresa em questão, abrange os custos de operação, custos de manutenção, tempos de usinagem ineficientes e falta de capacidade efetiva de produção.

A produção de mancais agrícolas para a empresa em estudo é de grande importância com aplicação na fabricação de grades e no mercado de reposição, portanto é de fundamental importância garantir a disponibilidade dos equipamentos para fornecer a usinagem dos componentes para abastecer a montagem.

No processo de fabricação desses produtos estão inseridas as máquinas do tipo CNC, as quais são destinadas a usinar exclusivamente caixas de mancais para atender a montagem, e posteriormente clientes do mercado interno e externo. Neste setor os componentes são fabricados a partir de uma célula de usinagem que incluem um dispositivo de fixação da peça (castanha) na placa que está interligada ao eixo árvore da máquina (eixo principal). Após este processo de fabricação, as caixas de mancais passam por um processo de furação e rosqueamento na célula de usinagem, e posteriormente são armazenados em local para serem utilizadas pelos setores que compõem o processo produtivo do produto final, com a parada deste equipamento o fluxo de produção é interrompido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Técnica e Econômica do Equipamento Torno CNC ROMI VTS-60

Há uma grande variedade de máquinas do tipo CNC, sendo os principais tipos encontradas nas indústrias o torno de eixo horizontal, o estudo será realizado com dados do equipamento torno CNC eixo vertical ROMI VTS-60. O equipamento em operação foi fabricado na década de 80. Conforme será visto na análise técnica do atual equipamento a seguir, a partir do início da última década, com um aumento significativo da demanda pelo seu produto, e com uma operação agressiva devido a sua utilização em tempo integral, favoreceu a um desgaste do equipamento onde o aumento das frequências de manutenções preventivas e corretivas ocasionaram um elevado custo para mantê-la em operação.

Tabela 1 – Informações Técnicas Torno CNC ROMI VTS 60

INFORMAÇÕES TÉCNICAS



Capacidade de Usinagem	Ø 850 x 465 mm
Altura mínima entre face da torre e placa	125 mm
Altura máxima sob o torpedo	675 mm
Diâmetro da Placa	Ø 400 mm (2 castanhas)
Tensão	Trifásico 380V
Guias	Barramentos
Ø Máx. admissível	850 mm
Gama de velocidades:	6~1000rpm
Peso;	17.300kg

Fonte: Autoria Própria (baseado em dados reais disponibilizados pela engenharia).

Conforme apresentado ao longo do estudo, nesta etapa será realizado os cálculos para fins de constatar a inviabilidade de manter em funcionamento o equipamento em estudo, também como propor a empresa em questão a aquisição de um novo equipamento a fim de melhorar a eficácia de seu sistema de produção, obtendo disponibilidade, confiabilidade e garantindo um produto final de qualidade.

Segundo relatórios de manutenção nos anos de (2016-2017) o equipamento em análise ficou cerca de 2.361,45 horas paradas por falta de peças de reposição e quebras repentinas.

Ainda segundo os dados levantados pela manutenção, evidenciou-se a ocorrência de falhas constantes e acelerada degradação do equipamento, apresentando um TEMPO MÉDIO DE REPARO (MTTR) muito alto (1300hs/ano) e um TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS (MTBF) baixo, além de baixa eficiência em comparação aos padrões de processo de usinagem com equipamentos mais sofisticados.

4.2 Cálculo Tempo Médio Reparo MTTR

Conforme informações da manutenção da empresa em estudo e apresentado acima, em um determinado período de (2016-2017) o equipamento em estudo ficou sem operar devido a falta de componentes eletrônicos e mecânicos de reposição, impossibilitando a equipe de manutenção de realizar o reparo e impactando de forma direta a produção de caixas de manuais de empresa, que teve a necessidade de produzir em empresas terceirizadas, e também utilizar de outros equipamentos e máquinas para atender a produção.

Segundo relatórios de manutenção e devido a esse determinado tempo de reparo que a máquina ficou inoperante, o índice MTTR durante esse período chegou a apresentar 1300 horas/ano. Portanto, o valor adotado para o índice MTTR para realização da pesquisa será que



foi disposto nos relatórios de manutenção da empresa em estudo, analisado ao longo de cada ano. Considerando o valor adotado para índice MTTR obtemos: 1300horas/ano.

$$\text{MTTR} = 1300 \text{ Horas/Ano}$$

4.3 Cálculo Tempo Médio entre Falhas MTBF

Com base em relatórios de manutenção e informações determinantes disponibilizados a fim de estudo, foi possível calcular o indicador MTBF. O cálculo abaixo é realizado utilizando uma amostra de período durante um mês de produção, considerando dois turnos de produção diária com 8 horas, o equivalente a 320 horas mensais.

$$\text{MTBF} = \frac{320 \text{ (Horas/Mês)}}{9 \text{ intervenções manutenção}} = 35 \text{ Horas}$$

Tempo Total Trabalhado (Tempo Carga): 320 horas

Número de intervenções durante período: 9 manutenções (realizada no período de 30 dias)

Considerando o índice MTBF durante o período proposto, obtém-se a média de horas paradas para cada manutenção neste mês abordado:

$$\text{MTTR/Mês} = \frac{35 \text{ Horas}}{9 \text{ intervenções manutenção}} = 3,88 \text{ Horas}$$

Neste cenário, podemos considerar em média que a cada 35 horas de operação do equipamento o mesmo está apresentando falhas e precisa de intervenção do setor de manutenção, também como o índice entre tempo médio de reparo do mês em questão atinge aproximadamente 4 horas.

Neste cenário, pode-se considerar que, em média, a cada 35 horas de operação do equipamento ocorrem falhas que precisa de intervenção do setor de manutenção e que o tempo médio de reparo atinge aproximadamente 4 horas.

Desse modo utilizando cálculo de regra de três simples e considerando 320 horas mensais trabalhadas, concluímos que 11% do Tempo de Carga disponível no equipamento no



mês em análise está parado por intervenção da manutenção, devido a falhas inesperadas e quebras repentinas.

4.3 Cálculo Disponibilidade Equipamento

$$\text{DISP} = \frac{3840 \text{ horas} - 1300 \text{ horas}}{3840 \text{ horas}} = 66 \%$$

Considerando: Tempo Carga: 320 horas/mensais no período de 1 ano.
Tempo Paradas: 1300 horas/ano segundo informações da Manutenção.

No período de (2016-2017) o equipamento em análise segundo informações e relatórios da engenharia e manutenção ficou inoperante por cerca de 2361 horas.

Considerando um período de dois anos (7680 horas trabalhadas) através de cálculo de regra de três simples conclui-se que o equipamento em questão durante o período analisado ficou inoperante por cerca de 32% de sua capacidade devido a falta de componentes de reposição e intervenções da manutenção.

A empresa neste período analisado teve um prejuízo de cerca de R\$186.932,38 (considerando hora máquina = R\$79,16) um custo excessivo de manutenção, que poderia ser evitado e possivelmente investido em outro equipamento com tecnologia avançada e maior capacidade de produção, o que atenderia as linhas de montagem com maior eficiência garantindo a qualidade do produto, portanto torna-se essencial a proposta de análise de investimento em um novo equipamento.

5 ANÁLISE DE NOVO EQUIPAMENTO

De acordo com as informações abordadas durante a pesquisa, podemos evidenciar e comprovar por meio dos valores obtidos de custos de manutenção, custos de operação, e falta de disponibilidade do equipamento em questão, que o mesmo atingiu sua vida útil e econômica, tornando-se inviável para a empresa economicamente, uma vez que o mesmo não fornece qualidade exigida dos produtos durante seu processo, possui baixo volume de produção comparado a equipamentos mais atuais e também possui custo excessivo de manutenção.



Deste modo, os principais pontos analisados para a futura substituição do equipamento foram à possibilidade de fornecer melhor qualidade na usinagem dos mancais, melhor controle dos parâmetros de processo, aumento da produtividade e segurança operacional. Outro fator vantajoso possível seria a aquisição de um equipamento do tipo centro de torneamento, que forneceria ao término do processo, a usinagem completa dos mancais, incluindo furações e rosqueamento, neste caso, não somente a máquina em análise poderia ser desativada, mas a célula de usinagem da máquina completa, como furadeiras de coluna e rosqueadeiras, que também apresentam falhas repentinas inesperadas e não possuem peças de reposição, devido a tecnologia usada a mais de 30 anos.

Tabela 2 – Comparativo entre Equipamento antigo e novo.

	Equipamento Antigo	Equipamento Novo
Vida Útil	Atingida	10 Anos
Vida Econômica	Atingida	20 Anos
Custos de Manutenção	Alto	Baixo
Volume Produção	Baixo	Alto
Segurança Operacional	Baixa	Alta
Nível Qualidade Produtos	Baixo	Alto

Fonte: Elaboração Própria.

Pode-se observar que o antigo equipamento não está mais atendendo as necessidades da empresa e de seus clientes, assim, a comparação entre eles, demonstra a necessidade de substituição pelo novo equipamento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para garantir seu espaço no mercado, é necessário que as empresas invistam em tecnologia, como, novas máquinas e equipamentos a fim de atender seus clientes com produtos de qualidade, no estudo de caso apresentado, a empresa constatou que o equipamento analisado já havia atingido sua vida útil e econômica, e os gastos com manutenção eram elevados, impactando no processo produtivo.

Para verificar a viabilidade em adquirir um novo equipamento, a empresa utilizou indicadores de manutenção como fator determinante da tomada de decisão. Através dos cálculos baseados em fundamentação teórica dos indicadores MTBF, MTTR e Disponibilidade, foi possível comprovar que o equipamento atual em operação, devido a falta de disponibilidade e apresentando valores abaixo dos padrões aceitos pelos indicadores,



tornou-se inviável para a empresa em questão, pois apresentam degradação, e não se encontram no mercado peças de reposição para manutenção, o que encarece ainda mais o custo de mantê-lo operante. Outro fator analisado ao longo da pesquisa, foi a qualidade atingida atualmente na usinagem pelo equipamento, que ainda era satisfatória. Porém com a condição dos parâmetros de corte muito abaixo dos valores tradicionais de utilização de um equipamento deste porte e devido as folgas demasiadas do equipamento, as tolerâncias dimensionais eram prejudicadas, bem como o acabamento superficial do produto produzido, se comparado com parâmetros normais de usinagem.

Neste contexto, de acordo com as pesquisas realizadas ao longo do trabalho, fica evidente que a decisão de substituição do equipamento embasado na análise de custo de processo, manutenção e qualidade são viáveis para a empresa, e certamente irão resultar na capacidade de produção e qualidade do processo.

REFERÊNCIAS

FILHO, N. C.; BRUNO, K. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 9ª. ed.** São Paulo: Atlas, 2000.

KARDEC, A. & NASCIF, J. **Manutenção função estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

_____. **Manutenção: função estratégica. 3ª. ed.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MORAES, P.H.A.. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística.** Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Sócioprodutivos, Universidade de Taubaté) - Taubaté: UNITAU, 2004.

PINTO, A. K.; RIBEIRO, H. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma.** Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2002.

SILVA, E.L. ; MENEZES, M.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. 3. ed. rev. atual.**– Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121p.

SIQUEIRA, I. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implementação.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.



SELEME, R. **Manutenção Industrial. 1ª. ed.** São Paulo: Intersaberes, 2015.

VERRI, L. A. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial Aplicação e Prática.** Rio de Janeiro : Qualitymark, 2012.

VIANA,PCM: **Planejamento e Controle da Manutenção.** Rio de Janeiro:Qualitymark 2002.