OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE USINAGEM: estudo de caso em uma empresa do ramo de ferramentaria

Eduardo Rosada (FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira) eduardo_rosada@hotmail.com

Rafael de Lima Apolinário (FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira) rafael_apolinario@live.com

Marcio A. G. Machado (FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira) marcioagmachado74@gmail.com

Vanessa M. Rocha De Munno (FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira)
vanessa.moraes8@hotmail.com

Resumo:
Atualmente percebe-se um interesse maior nos processos de usinagem, devido as novas tecnologias, novas geometrias de ferramentas de corte e pela variedade de estratégias de usinagem que existem. As empresas buscam como resultado final a lucratividade, principalmente reduzindo os custos, e nas empresas do segmento de usinagem deve ter um foco principal em novos estudos voltados para as operações de acabamento e desbastes, pois são essas operações que demandam maior tempo de processo. Diante disso, essas operações representam uma das possibilidades para aperfeiçoar os processos da empresa, de modo a reduzir o tempo de fabricação, aumentar a taxa de remoção de material e ainda visando à economia de ferramentas para usinagem. Para execução dos experimentos foram desenvolvidas ferramentas especificas, em metal duro. Como o processo desenvolvido não é muito conhecido, foram utilizados métodos estatísticos para prever as melhores condições de trabalho, já que para esse tipo de operação em estudo não existem tantas especificações disponíveis para comparações. Estas previsões foram confrontadas com os dados obtidos, realizados ao final das atividades experimentais. Com os resultados obtidos espera-se conhecer a capacidade e eficiência da ferramenta, e melhorar o tempo do processo de desbaste auxiliando o desenvolvimento produtivo da empresa no ramo de ferramentaria.
Palavras - chave: Fresamento, Operações de Acabamento e Desbaste, Geometria e Ferramentas de corte.

OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF MACHINING: case study in a company of the tooling branch

Abstract
There is now a greater interest in machining processes due to new technologies, new cutting tool geometries and the variety of machining strategies that exist. The companies look for profitability, mainly reducing costs, and in the companies of the segment of machining should have a main focus in new studies oriented to the operations of finishing and thinning, because these operations that require a greater time of process. In view of this, these operations represent one of the possibilities to improve the company's processes, in order to reduce the time of manufacture, increase the rate of removal of material and still aiming at the saving of tools for machining. For the execution of the experiments, specific carbide tools were developed. As the developed process is not well known, statistical methods were used to predict the best working conditions, since for this type of operation under study there are not so many specifications available for comparisons. These predictions were compared with the data obtained at the end of the experimental activities. With the results obtained it is expected to know the

capacity and efficiency of the tool, and to improve the time of the thinning process, aiding the productive development of the company in the branch of tooling.
Keywords: Milling, Finishing and Roughing Operations, Geometry and Cutting Tools.

1. Introdução

Diante de constantes mudanças que existem no cenário atual, muitas empresas estão buscando uma diversificação de produtos. Isso faz com que ocorra um aumento na competitividade entre as empresas, fazendo com que as mesmas invistam em equipamentos modernos, processos de produção que tragam aumento de produtividade, redução de custos e resultem em uma melhor eficiência em toda cadeia produtiva (DINIZ *et al.*, 2010).

Os setores de manufatura são os mais afetados pelas mudanças, e são muito pressionados por causa das evoluções que ocorre devido à alta concorrência de mercado, onde os desafios são cada vez maiores, para atender uma sociedade mais globalizada, tecnológica, e que buscam produtos e serviços com alta qualidade (FUSCO *et al.*, 2003).

Conforme esses setores foram evoluindo e os consumidores precisando de novos tipos de produtos, as empresas começaram a buscar um aumento na necessidade constante de se obter os melhores resultados e a diversificar os produtos para atender todos os tipos de consumidores, com o menor tempo e custo de produção. As empresas do ramo de usinagem começaram a investir na tecnologia de ferramentas, pois hoje em dia existe uma quantidade enorme de possibilidades e tipos de ferramentas para qualquer tipo de usinagem, material, parâmetros de programação, dentre outros (MACHADO, 2011).

Portanto, o presente projeto visa como objetivo principal, avaliar o comportamento e a confiabilidade no processo de usinagem, melhorando processos de fabricação e desenvolvendo ferramentas de usinagens de acordo com a necessidade da produção da empresa.

2. Referencial teórico

2.1 Gestão da qualidade total (TQM – Total quality management)

Em meados do século passado a gestão da qualidade passou por diversas transformações que as fizeram progredir de forma significativa, destaca-se o inspecionamento dos produtos, controle de manufatura e os sistemas de garantia e qualidade total. O termo TQM (*Total Quality Management*) ou gestão da qualidade total tem grande destaque no meio empresarial, visando à redução de custos e aumento de competitividade (CARPINETTI *et al.*, 2007).

Segundo Slack (2002) para que haja resultados positivos de produtividade, é de suma importância o conhecimento de todo processo e de suas ferramentas de apoio, visando uma boa gestão e administração da produção, com o intuito de reduzir desperdícios e de obter maior eficiência.

A Gestão da qualidade é a gestão dos recursos, humanos e materiais da empresa, com o foco em obter qualidade para o produto final e para todos os processos necessários para o bom funcionamento da empresa, porém para se obter grande resultado são utilizados ferramentas conceituadas de administração da produção para processos pontuais que definem padrões e especificações do produto final (LÉLIS, 2012).

Ferramentas administrativas que são de extrema importância para as empresas e que serão abordadas são: conceitos de melhoria (kaizen) e diagrama de pareto.

2.2 Conceitos de melhoria

O processo de melhoria continua tem sua origem da empresa Toyota, conhecido como kaizen, tem como grande preponente Imai. Imai (1986) define kaizen como melhoramento, esse melhoramento se dá em todas as áreas da vida, seja na vida domestica quanto na vida profissional. Quando voltada para o âmbito profissional, ou seja, no seu local de trabalho, kaizen tem como significado melhoramentos contínuos que englobam todos, desde administradores quanto os trabalhadores.

Melhoramento contínuo adota uma abordagem de melhoramento de desempenho que presume mais e menores passos de melhoramento incremental, ou seja, muitas vezes são acrescentados etapas a mais aos processos de fabricação, porem essas etapas são pequenas, com tempo de fabricação baixo, porém irão garantir e assegurar a melhoria do processo em questão. Este processo continuo enxerga os melhoramentos pequenos tendo uma vantagem significativa sobre os grandes, muitas vezes os pequenos melhoramentos acabam representando maiores resultados comparado com as grandes melhorias, e os melhoramentos pequenos tem um custo de investimento às vezes muito menor em relação às grandes melhorias (SLACK, 2002).

2.3 Diagrama de Pareto

É uma ferramenta que por meios gráficos expõe os itens que são mais criteriosos dos itens menos importantes e representar entre os quesitos os poucos vitais para a empresa e os muito triviais. É uma estratégia, que especifica os itens de informação nos seus tipos de problemas ou em suas causas por ordem de gravidade (SLACK, 2002).

O gráfico realizado demonstra que sejam apontados e categorizados os problemas de maior relevância e que deve ser separado inicialmente, o que proporciona a empresa adequar o uso de seus bens em rumo à melhoria da qualidade, melhorando assim os processos e produtos. (SELEME E STADLER, 2010).

O principio do gráfico de pareto parte que 80% dos efeitos procede de 20% das causas e que devemos reparar concentrando no estimulo de melhoria desses 20% do processo em vez de tentar remodelar o processo inteiro (LÉLIS, 2012).

2.4 Introdução sobre usinagem

O processo de usinagem tem sido identificado como o mais popular processo de fabricação do mundo, milhares de trabalhadores mantêm seus empregos transformando metais em cavacos durante tal processo (TRENT, 1985).

Mesmo sendo um processo que atrai muitos estudiosos continua sendo rotulado como imprevisível, pode ser complexo e até mesmo simples ao mesmo tempo. Em geral é classificado com um processo complexo tendo em vista os diversos parâmetros que podem ser usados durante os processos de produção, porém se torna um processo fácil quando são utilizados parâmetros previamente analisados, ou seja, parâmetros já traçados e que devem ser seguidos rigorosamente. As condições ideais de corte fazem com que as peças sejam produzidas de acordo com forma, tamanho e acabamento ao menor custo possível para as empresas (MACHADO, 2011).

Atualmente há uma diversidade enorme de combinações para estabelecer as melhores ferramentas e os melhores parâmetros que serão utilizados durante o processo, contudo Machado (2011) diz que existem três maneiras de trabalhar com tanta complexidade: por meio da experiência adquirida por sucessivas tentativas de erros ao longo dos anos, por meio da experimentação e por intermédio de modelos teóricos.

O processo de usinagem se é dado através da transformação de matéria prima em algum produto mediante a retirada de material em forma de cavaco. Existem duas categorias para esses processos que são definidos através da analise da energia empregada. A primeira categoria é composta pelo método tradicional de usinagem (convencional) e a segunda categoria é composta por outros processos que são: torneamento, fresamento, furação, retificação, brochamento, entre outros (SALES e SANTOS, 2007).

2.5 Geometrias de cunha de corte

Uma das características mais importantes na usinagem é a geometria de corte, pois tem alta influencia no desempenho do processo. O material no qual a ferramenta é composto será irrelevante se a geometria não estiver de acordo com o processo no qual a mesma atuará. Através desses fatores houve uma grande preocupação em normalizar de maneira mais conveniente os ângulos da cunha cortante para uniformizar a nomenclatura entre os profissionais e a literatura especializada, assim surgiu à norma brasileira NBR 6163 (MACHADO, 2011).

O desempenho da usinagem depende da definição da geometria. Variáveis como vida da ferramenta, esforços de corte, acabamento superficial, avanço, vibrações estão diretamente relacionados à geometria da ferramenta. Deste modo é fundamental definir as grandezas que são aplicadas e definem a geometria de corte conforme nomenclatura definida pela norma NBR 6163 (ABNT, 1989).

As principais características apresentadas em geometria de corte são apresentadas na figura abaixo:

Fonte: Guenza, 2008

Figura 1- Definição da geometria de corte no fresamento tangencial

Superfície de saída: é a superfície da cunha de corte por onde o cavaco é formado e onde ocorre o escoamento durante sua saída da região de corte (DINIZ *et al.*, 2010).

Superfície de folga: são as superfícies da cunha cortante que defrontam com a superfície de corte (FERRARESI, 1977)

Aresta: limitam as superfícies de folga e saída da ferramenta, constituindo as arestas de corte. São constituídas pela intersecção das superfícies primaria e secundaria de folga, definindo assim as arestas principais e secundarias respectivamente (STEMMER, 1993).

Ponta: é a região de encontro das arestas principais e secundarias de corte. Normalmente a ponta possui um raio para reforçar a ferramenta e melhorar o acabamento superficial, pois o raio de ponta da ferramenta junto com o avanço são os responsáveis por determinar a rugosidade (KÖNIG e KLOCKE, 2002).

Ângulo de saída da ferramenta: é o ângulo encontrado entre a superfície de saída da ferramenta e o plano de referencia da ferramenta, calculado no plano ortogonal. O ângulo de saída pode constituir valores positivos, negativos e nulos (SALES e SANTOS, 2007). Nos processos de usinagem voltados para o acabamento são utilizados ângulos de saída positivos, pois as forças de corte são baixas e em geral o acabamento superficial é melhor (KÖNIG e KLOCKE, 2002). Nos processos de usinagem de desbaste são utilizados ângulos de saída negativos, pois deixam a estrutura da ferramenta mais rígida e o início do corte é direcionado para longe da aresta. O efeito negativo ao utilizar um ângulo de saída muito negativo é que ocorre um aumento da pressão específica de corte o que acaba o aumentando os esforços de usinagem (STEMMER, 1993).

Ângulo de inclinação: é o ângulo entre a aresta de corte e o plano de referencia da ferramenta, medido no plano de corte da ferramenta. Este ângulo pode ser positivo, negativo ou nulo (SALES e SANTOS, 2007). O uso de ângulos negativos traz benefícios para as ferramentas, pois ocorre uma distribuição nos esforços de corte em porção maior da aresta, fazendo com que a pressão sobre a face da ferramenta diminua (WEINGAERTER e SCHROETER, 2002). Normalmente estes ângulos variam de -11º a 11º e tem funções de controlar a direção do cavaco, proteger a aresta de corte da ferramenta contra impacto, e evitar vibrações quando a inclinação for negativa (MACHADO, 2011).

2.6 Ferramentas de metal duro

O metal duro foi um dos grandes impulsionadores da área de materiais para ferramenta, pois devido a este tipo de material, foi capaz de aumentar as velocidades de corte praticamente 10 vezes a mais comparada ao aço rápido (MACHADO, 2011).

Metal duro são peças feitas de partículas duras bem finas e divididas de carbonetos de metais refratários, juntando e compactando as partículas em altas temperaturas com um ou mais metais da classe do ferro (ferro, níquel ou cobalto) produzindo uma peça de grande dureza e forte resistência à compressão. Essas partículas de grande dureza são carbonetos de tungstênio, freqüentemente usadas na combinação com outros carbonetos, como os de titânio, tântalo e nióbio. As ferramentas de metal duro agüentam temperaturas mais altas do que as do aço rápido, conservando a dureza e é muito indicado para a usinagem. Usando o metal duro, se consegue tirar mais cavaco por minuto em comparação com o aço rápido, sendo um material de ferramenta mais eficiente (DINIZ *et al.*, 2010).

A escolha da ferramenta de corte deve ser seguida por algumas informações essenciais, tais como o material a ser usinado, o tipo e as condições de usinagem que a mesma irá passar. Em desbaste de cavidades em moldes e matrizes, é necessário que os insertos utilizados tenham alta tenacidade. Ou seja, uma das melhores opções para se utilizar nessas operações, peças e materiais é o metal duro (DINIZ *et al.*, 2010).

2.7 Análise e condições econômicas de usinagem

Um dos parâmetros que mais influenciam o desgaste e a vida da ferramenta é a velocidade de corte. De modo geral, o avanço e a profundidade de corte também atuam fortemente no desgaste e na vida útil da ferramenta. Para otimização da produtividade nos processos de usinagem, os parâmetros a serem modificados são primeiramente a profundidade de corte, seguido pelo avanço e por ultimo a velocidade de corte. Quando aumentamos a velocidade de corte, o tempo de usinagem diminui como conseqüência, porem a ferramenta tem um desgaste elevado, altas velocidades de corte induzem a um desgaste maior das arestas de corte, sendo assim, as baixas velocidades fazem com que o desgaste seja menor (FERRARESI, 1977).

O tempo de usinagem de uma peça é função entre avanço e velocidade de corte. O tempo de corte diminui quando o avanço é aumentado, porém acarreta em uma força de corte maior, podendo atingir o limite da resistência da aresta de corte ou da peça. O avanço esta ligado proporcionalmente com a rugosidade da peça, sendo assim o avanço não deve ser considerado uma variável para minimizar o tempo de corte, mas deve estar no valor máximo aceitável para a peça e processo (MACHADO, 2011).

2.8 Fresamento

É um processo de usinagem no qual utiliza ferramentas multicortantes, este processo é caracterizado pela rotação da ferramenta, movimento responsável pela principal componente de movimento de corte. O fresamento é diferenciado dos outros processos de usinagem com rotação de ferramenta pela atuação em conjunto com apenas uma parte das arestas de corte e pelo movimento tanto da peça, como da ferramenta durante a operação de corte (GROOVER, 2002; WEINGAERTNER e SCHROETER, 2002).

Groover (2002) diz que o fresamento é um processo de usinagem no qual a peça a ser produzida é usinada movimentando contra uma ferramenta cilíndrica com arestas multicortantes, onde o eixo de rotação da ferramenta é perpendicular à direção de avanço. Uma das características que distinguem o processo de fresamento ao processo de furação é o sentido da ferramenta em relação à direção de avanço, pois o movimento de avanço da ferramenta é paralelo ao eixo de rotação.

As maquinas que fazem estes tipos de processos são conhecidas como fresadoras, as ferramentas utilizadas para realizar os cortes são denominadas como fresa e as arestas de corte são conhecidas como dentes. A maioria das superfícies usinadas em fresamento são planos, porem com a devida combinação de avanço, perfil de ferramenta e as taxas de remoção de material é possível usinar peças com perfis, ou seja, este processo atende uma gama muito grande de produtos (WEINGAERTNER e SCHROETER, 2002).

3. Estudo de caso

O presente estudo foi realizado em uma empresa de modelação e ferramentaria, situada na cidade de Limeira, localizada no interior de São Paulo, sendo o produto composto de vários processos de usinagem. A origem da companhia foi no ano de 1967, onde se iniciou suas atividades. Ao longo do tempo, diversificou suas atividades para o setor financeiro e, subseqüentemente, para o setor industrial.

Inicialmente a companhia começou as atividades na construção de moldes de madeira para fundição de ferro fundido. Estes moldes eram feitos totalmente de forma artesanal, para as indústrias de maquinas mecânicas e setor ferroviário.

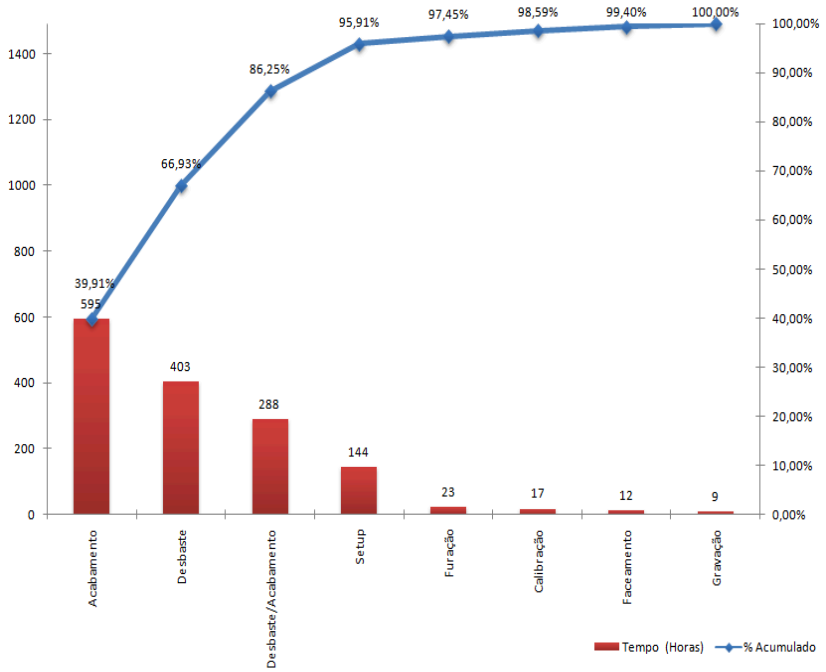
No ano de 1986, a companhia aproximou seus negócios de diversas empresas no segmento automotivo, principalmente das grandes fundições de alumínio e ferro fundido que estão localizadas na região do estado de São Paulo e assim ingressou no setor de moldes compostos de aços, ferros fundidos, alumínio, entre outros tipos de materiais, fazendo com que a companhia investisse em novas máquinas, equipamentos, ferramentas de usinagens, treinamentos, e outros meios para atender todos os clientes no prazo e com qualidade. Após o ano de 2000 essa empresa passou a centralizar seus negócios apenas nas grandes fundições que fornecem peças para as montadoras automotivas.

Todo produto é projetado, detalhado, fabricado e testado para as condições específicas de uso ao qual se destina. Todos os projetos, processos de usinagem e simulações se iniciam nas telas dos computadores dos técnicos e engenheiros que criam e desenvolvem os projetos.

Atualmente a empresa consta com equipamentos altamente sofisticados de usinagem, no qual fazem com que os processos de fabricação se incluam entre os mais modernos e eficientes atualmente em uso no mundo inteiro.

3.1 Problemas encontrados

Para determinar quais os processos mais problemáticos dentro da empresa, foi feito um levantamento de dados num período de um mês, e para melhor analise dos resultados foi elaborado um gráfico de pareto, indicando de melhor maneira os três processos no qual o tempo gasto esta representando 86,25% do total de horas produzidas, os processos são: acabamento (39,91%), desbaste (27,02%), e o processo chamado de re-desbaste que está indicado na imagem abaixo como desbaste/acabamento (19,32%).



Fonte: os autores, 2016.
Figura 2 - Gráfico de Pareto (Período de um mês de produção)

Através do gráfico de pareto, definimos como objetivo principal o foco no processo de acabamento, pois o tempo utilizado este muito elevado e representando quase 40% de toda a produção, então todas as informações a seguir estão ligadas a este processo.

As ferramentas de usinagem utilizadas nos processos da empresa foram desenvolvidas, confeccionadas e afiadas dentro da companhia, e as condições de corte de usinagem foram definidos pelos próprios funcionários e através de testes, ou seja, não tiveram nenhum embasamento teórico, tornando desse modo os processos de usinagem inapropriados, com tempos de usinagens elevados, quebras de ferramentas, gastos de afiações altos e sem controle, entre outros.

A ferramenta de usinagem utilizada é um bastão de metal duro com diâmetro de Ø12mm, composta de duas facas de corte com dentes retos fazendo com que o choque na entrada do material seja alto, o núcleo da fresa é fino fazendo com que a rigidez seja baixa, possui ângulo

de saída negativo fazendo com que o esforço de corte seja elevado, o que não é apropriado para operação de acabamento, o filete cilíndrico está grosseiro entre 1 mm a 1,5mm fazendo com que o atrito seja alto e como consequência acaba aumentando o esforço de corte, profundidade de afiação elevada fazendo com que ocorram possíveis vibrações e quebras.

Consta em seu projeto com as seguintes condições de corte:

VC	200 m/min.
RPM	5300 RPM
AP	0,2 mm
F	2000 mm/min.
AE	0,25 mm
Volume de Cavaco	0,1 cm^3/min.
Tempo de Vida da Ferramenta	03 Horas

Fonte: os autores, 2016.

Tabela 1 - Condições de corte atuais

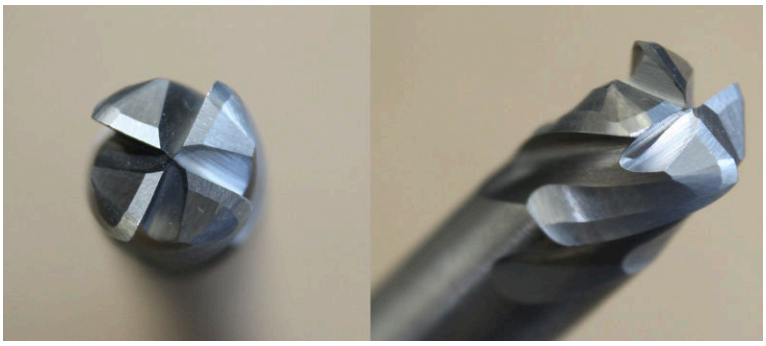
Fonte: os autores, 2016.

Figura 3 - Ferramenta de usinagem com duas facas de corte

3.2 Propostas de melhoria

A afiação da ferramenta passará de duas facas de corte para quatro facas, pois dobrando o número de facas será possível aumentar o avanço total e a profundidade de corte (Ap), porém a velocidade de corte (Vc) irá diminuir, pois assim a vida útil da ferramenta aumentará e diminuirá possíveis vibrações e quebras e a profundidade radial de usinagem (Ae) irá se manter porque com o AE baixo possibilitam-se maiores avanços a temperaturas menores conforme visto.

As facas de corte terão formato de hélice ao invés de facas paralelas, pois desse modo reduz possíveis vibrações e o choque na entrada da ferramenta com o material usinado. Outro detalhe será de diminuir o comprimento útil de corte da afiação da ferramenta passando de 70 mm para 10 mm, e fazer facas de corte com o núcleo da fresa espesso fazendo com que a rigidez da ferramenta aumente e evite possíveis quebras. E por fim, o ângulo de saída proposto é positivo, pois melhora o acabamento do material usinado e diminui o esforço de corte para a operação de acabamento. As figuras abaixo mostram como o projeto atual deverá ser feito.



Fonte: os autores, 2016.

Figura 4 - Ferramenta com quatro facas e formato de hélice usinagem paralela

O estudo realizado sobra às condições de corte foi devido às necessidades da empresa em aumentar a produtividade, melhorar o acabamento superficial do produto final e aumentar a vida útil da ferramenta. Então foram desenvolvidos estudos para obter tais resultados, segue abaixo uma tabela com as condições de cortes propostos:

VC	170 m/min.
RPM	4500 RPM
AP	1,0 mm
F	4500 mm/min.
AE	0,25 mm
Volume de Cavaco	1, 125 cm^3/min.
Tempo de Vida da Ferramenta	10 Horas

Fonte: os autores, 2016.

Tabela 2 - Condições de corte proposta de melhoria

3.3 Comparação das condições atuais x proposta de melhoria

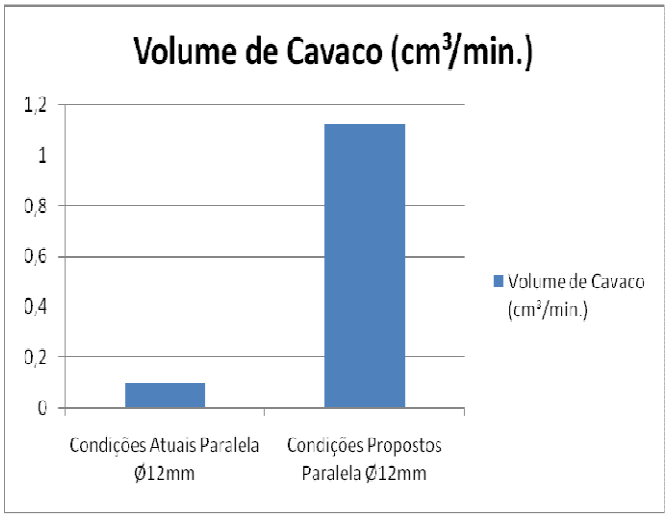
Para melhor visualização das diferenças encontradas com as melhorias das condições de corte, segue tabela 3 com os respectivos números finais:

	Condições Atuais Paralela Ø12mm	Condições Propostos Paralela Ø12mm
VC	200 m/min.	170 m/min.
RPM	5300 RPM	4500 RPM
AP	0,2 mm	1,0 mm
F	2000 mm/min.	4500 mm/min.
AE	0,25 mm	0,25 mm
Volume de Cavaco	0,1 cm³/min.	1, 125 cm³/min.
Tempo de Vida da Ferramenta	03 Horas	10 Horas

Fonte: os autores, 2016.

Tabela 3 - Comparação das condições de cortes atuais x condições de cortes proposto

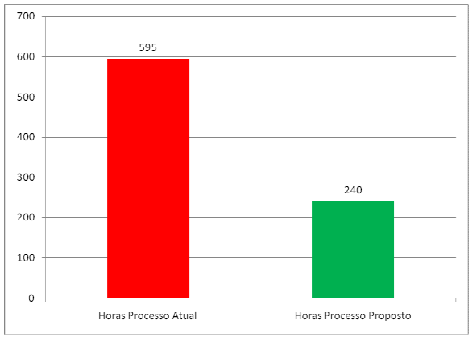
Através desta tabela observa a figura abaixo que mostram as diferenças encontradas do processo atual em relação à proposta de melhoria, comparando os volumes de cavaco retirados.



Fonte: os autores, 2016.

Figura 5 - Comparação dos volumes de cavaco entre processo atual x proposta de melhoria

3.4 Comparação do tempo de usinagem atual x tempo de usinagem com a proposta de melhoria



Fonte: os autores, 2016.

Figura 6 - Comparação dos tempos entre processo atual x proposta de melhoria

3.5 Conclusão

A analise dos resultados obtidos permitem chegar às seguintes conclusões:

Na pesquisa realizada ao longo deste trabalho, foram avaliados todos os processos de manufatura da ferramentaria, percebeu-se que 39,91% do tempo total de fabricação são despendidos em operações de acabamento, 27,02% para realizar operações de desbaste e 19,32% para realizar atividades de re-desbaste. O maior problema da companhia em questão era o tempo elevado na operação de acabamento, no qual foi focado todo estudo de caso para otimizar os processos de produção.

Com a redução da velocidade de corte (Vc) foi possível aumentar a vida útil da ferramenta e diminuir as possíveis quebras e vibrações comprovando o que foi citado em teoria por MACHADO (2011). A vida da ferramenta passou a ser 3 vezes maior do que com as condições anteriores, representando uma melhoria de 230%.

A geometria de corte tem grande importância no desempenho da ferramenta conforme mencionado pela norma ABNT (1989), desse modo, com a alteração da fresa para o sistema de hélice foi possível aumentar a profundidade de corte (Ap) e manter o mesmo AE que já era baixo comparado as condições que eram utilizadas anteriormente, fazendo com que o avanço aumente e conseqüentemente diminua o tempo de produção, aumentando desse modo o desempenho no processo em questão.

Devido à alteração das condições de corte, a diferença encontrada comparando os volumes de cavacos anterior com o proposto é de uma redução de dez vezes. Resultado que se obtêm devido ao aumento da profundidade de corte e do avanço. Porém, se fizermos uma relação entre o índice de desempenho do volume de cavaco, com o tempo de usinagem notamos que a diferença não é a mesma, isso ocorre por causa das trocas de ferramentas, condições de corte e avanço rápido.

Por fim, conseguimos diminuir os tempos no processo de usinagem para a operação de acabamento, no qual estava representando 39,91% do tempo total da produção da empresa.

Conforme o ultimo gráfico apresentado (Figura 11) notamos que o tempo de produção para a operação estudada reduziu de 595 horas para 240 horas, representando uma melhoria com redução do tempo de 60%.

4. Considerações finais

Os objetivos principais deste estudo foram atingidos com sucesso. As empresas estão desenvolvendo novos processos utilizando os mesmos recursos que já possuem para aumentar a produtividade para atingir a eficiência e o retorno esperado.

Nosso estudo com a nova ferramenta de usinagem foi essencial por essa busca, mostrou ser rentável para a empresa, trazendo alto desempenho, maior eficiência dos processos de usinagem, maior produção e a redução de custos.

Além disso, o estudo mostrou um bom resultado para o nosso aprendizado e crescimento em termos de conhecimento sobre o assunto abordado.

Por ultimo, ficou a certeza de que sempre temos algo a melhorar e aprender e que cada vez mais as opções para a busca de conhecimento aumentam. É de extrema importância que as empresas estejam comprometidas com a melhoria contínua, independentemente do ramo no qual atuam, pois com essa metodologia os resultados e a competitividade se mostram mais eficazes.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT; *Conceitos da técnica de usinagem – movimentos e relações geométricas, NBR 6163* – Projeto de Revisão, 1989.

CARPINETTI, L. C. R.; MIGUEL, P. A. C.; GEROLAMO, M. C. *Gestão da qualidade ISO 9001:2000 princípios e requisitos.* São Paulo: Atlas, 2007.

DINIZ, ANSELMO EDUARDO; MARCONDES, FRANCISCO CARLOS; COPPINI, NIVALDO LEMOS. *Tecnologia da usinagem dos materiais.* 7. Ed. São Paulo: Artliber Editora, 2010.

FERRARESI, D. *Fundamentos da usinagem dos metais.* São Paulo: Blucher, 1977.

FUSCO, JOSE PAULO ALVES; ET AL. *Administração de operações.* 1. Ed. São Paulo: Arte e Ciência, 2003.

GROOVER, Mikell P. *Fundamentals of Modern Manufacturing.* Materials, processes, and systems. New Jersey: Ed. John Wiley & Sons, 2002.

GUENZA, Jorge Eduardo. Analise do desempenho do fresamento em altas velocidades de corte do ferro fundido GG25 em aplicação industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

IMAI, M. *Kaizen: the key to Japan's competitive success.* McGraw-Hill, 1986.

KÖNIG, WILFRIED; KLOCKE, FRITZ. *Fertigungsverfahren Band* **1**: Drehen, Fräsen, Bohren (VDI Buch). 7ª ed. Berlin: Springer Verlag, 2002.

LÉLIS, ELIACY CAVALCANTE. *Gestão da Qualidade.* São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2012.

MACHADO, ÁLISSON ROCHA; ABRÃO, ALEXANDRE MENDER; COELHO, REGINALDO TEIXEIRA; SILVA, MÁRCIO BACCI. *Teoria da usinagem dos materiais.* 2. Ed. São Paulo: Blucher, 2011.

SALES, WISLEY FALCO; SANTOS, SANDRO CARDOSO. *Aspectos tribológicos da usinagem dos materiais.* São Paulo: Artliber Editora, 2007.

SELEME, ROBSON; STADLER, HUMBERTO. *Controle da qualidade: as ferramentas essenciais.* 2. Ed. Curitiba: Ibpex, 2010.

SLACK, NIGEL; CHAMBERS, STUART; JOHNSTON, ROBERT. *Administração da produção.* 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STEMMER, CASPAR ERICH. *Ferramentas de corte I.* 3ª ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1993.

TRENT, E. M. *Metal cutting.* 2. Ed. Londres: Butterworths & Co., 1985.

WEINGAERTNER, WALTER LINDOLFO; SCHROETER, R.B. *Introdução aos Processos de Usinagem: parte 1*. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. 352 p. Apostila