

UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE DE MODELAGEM 3D PARA PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DO CONSUMO DE INSUMOS DE USINAGEM DE PEÇAS ¹

*Christian Egidio da Silva*²
*Luiz Rodrigo Alegre Pernambuco*³
*Flávio Luis Moreira Pereira*⁴
*André Luis Marini Moraes*⁵

Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a aplicabilidade do uso de um *software* de modelagem 3D para planejar e gerenciar o consumo de insertos de usinagem. Empregando-se um *software* 3D comercial, foram estimadas as massas removidas em distintas operações de usinagem e o consumo real de insertos foi mensurado em relação à quantidade de material removido. Após comparação da metodologia proposta com aquela que atualmente é empregada, notou-se uma diferença de consumo expressiva. Evidenciou-se que é perfeitamente possível implantar esta nova metodologia para melhorar o nível de detalhamento do processo, o que requer, primeiramente, uma mudança conceitual. Como benefícios, podem ser mencionados: custeio de forma mais precisa, melhor avaliação da qualidade do inserto, melhor avaliação da usinabilidade do material, melhor conhecimento dos equipamentos/periféricos, melhor planejamento operacional e melhor gerenciamento.

Palavras-chave: Usinagem; Modelagem; Rendimento; Fundição.

THE USE OF A '3D' SOFTWARE TO PLANNING AND MANAGING THE PERFORMANCE OF MACHINING TOOL

Abstract

The present work was developed to analyze the use of a 3D modeling software to planning and managing the tool machining. Using this 3D software, it was estimated the removed mass in different machining operations. The real machining toll consumption was measured in relation to the quantity of removed material. It was noted that there is a great difference among the actual methodology and the methodology herein presented. It is possible to use this new methodology instead the actual to improve the process control. It can be mentioned as results: costs more refined, better evaluation of machining tool quality, better knowledge of process and equipments, better operational planning and managing.

Key-words: Machining; Modeling; Performance; Casting.

¹ *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Doutorando, Engenheiro de Processos – Gerdau Pindamonhangaba / PPG-EAM ITA / FATEC Pindamonhangaba.*

³ *Técnico de Processos – Gerdau Pindamonhangaba.*

⁴ *Desenhista – Gerdau Pindamonhangaba.*

⁵ *Assistente Técnico de Processos – Gerdau Pindamonhangaba.*

1 INTRODUÇÃO

Segundo Ferraresi⁽¹⁾ as operações de usinagem são aquelas atividades que conferem à peça a forma, dimensões e/ou acabamento desejados, produzindo cavacos. O cavaco é, portanto, uma porção de material que foi removido da peça através do uso de ferramentas.

Os processos mecânicos de uma usinagem apresentam várias classificações, dentre as quais, pode-se mencionar o torneamento. De acordo com Ferraresi⁽¹⁾ o torneamento consiste num processo mecânico destinado a obtenção de superfícies de revolução com auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes, ou seja, ferramentas que apresentam uma única superfície de saída. Para que esta operação ocorra, a peça permanece girando em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo.

Uma das características intrínsecas de um processo de fundição é a existência de sobre-metal. Esta quantidade extra de material (sobre-metal) é removida através de operações de usinagem, consumindo, portanto, insertos (ferramentas) específicos para tal operação. Sendo assim, torna-se necessário monitorar de maneira adequada o consumo dos insertos, no intuito de que o custo seja calculado de forma precisa e realista.

Muitas vezes o custeio de uma operação não é realizado de forma adequada devido à grande variabilidade dimensional de peças. Sendo assim, os custos acabam sendo “estimados”.

Pensando em um sistema de gestão transparente e justo, é inaceitável trabalhar-se com “estimativas”. Neste contexto, é cada vez mais contundente a necessidade de utilização de recursos mais sofisticados para realizar a gestão, e com isso para processos de usinagem os *Softwares 3D* passam a se apresentar como uma solução inteligente e integrada para auxílio na gestão tendo em vista sua grande versatilidade e robustez.

O presente trabalho objetiva apresentar uma nova metodologia de planejamento e gerenciamento do rendimento de insertos de usinagem.

2 MEDIDA E MELHORAMENTO DE DESEMPENHO

A urgência, a direção e a prioridade de um melhoramento são determinadas pela aquisição de um conhecimento prévio do desempenho atual do processo. Todas as operações produtivas precisam, portanto, de alguma forma de medida de desempenho como pré-requisito para a implementação de alguma melhoria⁽²⁾.

De acordo com Slack, Chambers e Johnston,⁽²⁾ medida de desempenho é o processo de quantificar ações. Para os autores, desempenho está correlacionado à capacidade do processo atender cinco objetivos: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo. Dentro do objetivo “custo”, é comum empregar-se uma das seguintes medidas: tempo mínimo de entrega em relação ao tempo médio de entrega, variação contra orçamento, utilização de recursos, produtividade, valor agregado, eficiência e custo por hora de operação. Independente de qual seja o parâmetro considerado, todas estas possibilidades podem ser utilizadas para que o gestor faça seu julgamento acerca do seu desempenho: bom, mau ou indiferente. Para que isso seja feito, necessariamente deve-se comparar a situação atual com algum tipo de padrão, seja ele definido em função de uma média histórica, ou definidos arbitrariamente para refletir algum nível de desempenho que é

visto/considerado como adequado ou razoável, ou ainda baseados nos resultados da concorrência.

No que tange a operação de usinagem, especificamente de peças de grandes dimensões, o correto conhecimento do consumo total de insertos em relação à quantidade de metal removida numa determinada operação é de fundamental importância para um adequado custeio do processo de usinagem. Este perfeito entendimento ganha força quando são empregados insertos especiais, como os insertos cerâmicos, cuja criticidade de uso é maior do que para outros tipos de materiais. Conhecer o consumo/rendimento real implica, portanto, no entendimento de eventuais desvios operacionais (facilitando avaliações causa-efeito), numa melhor provisão de estoques (estoques estratégicos minimizados), na efetiva definição dos *gaps* de melhoria (melhor definição dos potenciais de melhoria) e obviamente no estabelecimento de um custeio unitário mais realista (minimizando desvios do custo orçado em relação ao real).

3 FUNDIÇÃO DE PEÇAS E SOBRE-METAL

De uma maneira bastante simplificada, o processo de fundição consiste na obtenção de um metal líquido e sua posterior transferência (vazamento) do forno aonde foi elaborado para um molde, que normalmente é confeccionado com areia. Na Figura 1 pode-se visualizar uma representação esquemática da confecção do molde e do vazamento (fundição propriamente dita).

Os modelos dão a forma interna desejada ao molde de areia, e por isso podem apresentar as mais diversas geometrias. Devido à qualidade do acabamento superficial de uma peça no estado “bruto de fundição”, é inevitável empregar-se um sobre-metal quando da elaboração do projeto de fundição, para que os defeitos superficiais e característicos deste processo de fabricação possam ser removidos satisfatoriamente de forma que a peça acabada esteja isenta de defeitos.

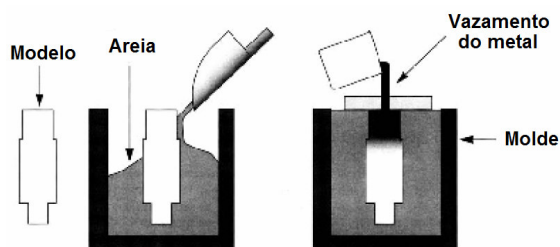


Figura 1. Representação esquemática da moldação e fundição.

Depois de solidificado e devidamente resfriado, procede-se com a desmoldagem da peça. Esta operação nada mais é do que a retirada da peça de dentro do molde. Na seqüência, inicia-se a operação de usinagem. O sobre-metal existente é removido através das operações de usinagem.

Dependendo da geometria da peça de interesse, o rendimento metálico, ou seja, a relação entre a massa da peça após estar totalmente usinada e a massa total de metal líquido que foi empregada para preencher o molde, varia de 40% a 80%. Para o presente estudo de caso, considerando-se que uma peça acabada (pronta para uso) apresenta uma massa média de aproximadamente 8.000kg, pode-se ter uma idéia da quantidade total de material que é removido por peça através de operações de usinagem: entre 1.600 kg e 4.800 kg.

Em função da falta de algum ferramental (molde) específico, é prática comum utilizar-se de algum outro ferramental, o que possivelmente acaba acarretando num aumento do sobre-metal. Tendo em vista que no ato da elaboração do projeto de fundição esta “adaptação” de molde não é prevista, muitas vezes o consumo de insertos acaba sendo subestimado, gerando possivelmente um desequilíbrio no planejamento do estoque ou até mesmo falta de insumos devido ao fato do consumo real estar superior ao estimado.

Com a disponibilização de *softwares* cada vez mais versáteis e robustos, é perfeitamente possível e cada vez mais fácil “melhorar” a metodologia de gerenciamento de insumos de usinagem, vinculando o uso contínuo do *software* à produção propriamente dita. Com isso, espera-se melhorar a qualidade da gestão, o que invariavelmente impactaria em redução de custos.

Na Figura 2 pode-se ver a “peça fundida”, no seu estado “bruto de fundição”, e também a peça “acabada de torno”, evidenciando o sobre-metal que é removido durante operação de usinagem, que nada mais é do que a diferença entre os volumes.

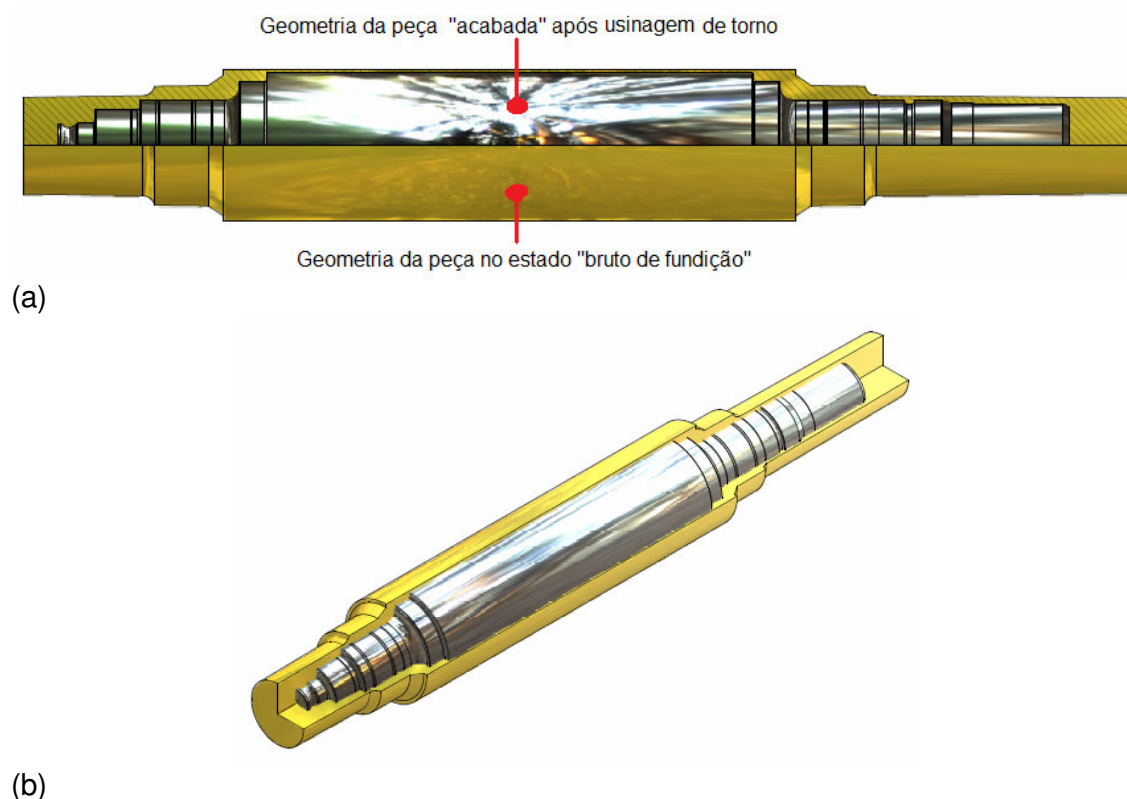


Figura 2. Detalhe da peça fundida no estado “acabado de torno” em relação ao estado “bruto de fundição”.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizando-se de um *software* 3D específico para a área de projetos, foi estimada a quantidade total de metal que teoricamente seria removido através das operações de usinagem usuais do processo objeto de estudo. A usinagem desta peça segue a seguinte seqüência operacional: (i) torneamento; (ii) fresamento; (iii) mandrilamento.

A operação de torneamento remove no mínimo 90% do total de sobre-metal existente, sendo, portanto, a etapa de usinagem de maior contribuição financeira e a que envolve o maior tempo total da operação, demandando atenção especial porque também consome 81% de todos os inserts consumidos no processo. Tendo em vista isso, a título de exemplo, apresenta-se um estudo de caso focado apenas na operação de torneamento, desconsiderando-se as demais etapas usuais do processo de usinagem.

Na Figura 3 podem ser visualizadas fotos de peças sendo torneadas.



Figura 3. Operação de torneamento de peças cilíndricas.

Elegeram-se alguns projetos de fundição mais comuns, isto é, projetos de maior frequência de fundição, para que pudesse ser estimado o consumo médio de inserts.

Dentre os projetos de fundição listados, elegeu-se um projeto em específico para que a quantidade real de material removido (massa real) fosse mensurada e comparada àquela calculada utilizando-se de um *software 3D*. Estes valores foram, também, confrontados com aquela quantidade costumeiramente utilizada como padrão (referência) de consumo. Vale lembrar que na sistemática tradicional calcula-se o consumo de inserts pela massa total da peça acabada após fresamento/mandrilamento, não considerando se foi utilizado mais ou menos sobremetal do que de costume. Esta metodologia é adotada pela área de Controladoria para custear o produto, e não leva em consideração o rendimento real dos insumos, o que pode perfeitamente “falsear” o custeio real do produto. A proposta do presente trabalho é criar algum tipo de “termômetro” para avaliar o rendimento real dos insumos, o que poderia nortear a Engenharia de Processos e a Produção quanto à existência de desvios operacionais que usualmente não são contemplados ou medidos através da atual metodologia.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na Tabela 1 podem ser encontradas as massas estimadas para o estado “bruto de fundição”, “acabado de torno” e “acabado de fresa/mandriladora” através do *software 3D*. Percebe-se que do total removido entre as operações “torneamento” (*Acabado de torno*) e “fresamento/mandrilamento” (*Acabado de torno + fresa + mandrilamento*), a operação “torneamento” realmente é a mais significativa.

Tabela 1. Massas removidas através da usinagem, estimadas pelo *software 3D*, considerando diferentes massas específicas (o software exige definição do material para simular o cálculo de massa).

Estado do acabamento	Massa [kg] (7.000 kg/m ³)	Massa [kg] (7.250 kg/m ³)
Bruto de fundição	14.980	15.516
Acabado de torno	11.473	11.890
Diferença A (Nota A):	(3.507) Total removido: ~23%	(3.626) Total removido: ~24%
Acabado de torno + fresa + mandrilamento	11.348	11.754
Diferença B (Nota B):	(3.632) Total removido: ~24%	(3.762) Total removido: ~24%

Nota (A): Total removido apenas considerando o “torneamento”; Nota (B): Total removido com “torneamento” + “fresamento/mandrilamento”.

Na Tabela 2 encontra-se o consumo teórico de insertos considerado atualmente, que nada mais é do que uma “estimativa média” de consumo em relação ao “total acabado” em um determinado período – que pode ser uma semana ou um mês. Entende-se como “total acabado” a “massa” final da peça após todas as operações de usinagem, o que invariavelmente pode estar ora subestimando, ora superestimando o consumo real de determinados insertos de usinagem. Em função disso, é bem possível que os custos unitários orçados, baseados nestas informações, não estejam corretos – ou subestimados ou superestimados. Visualiza-se também nesta Tabela 2 o consumo efetivo quando se considera a quantidade total removida.

Tabela 2. Consumo de insertos considerando o cálculo tradicional (baseado no peso médio acabado) e a metodologia proposta (baseado no cálculo do *software 3D*).

Metodologia	Consumo de insertos [insertos/t]
Metodologia <u>atualmente utilizada</u> : número médio de insertos em relação à tonelada “ acabada ” média em um determinado período	5,5
Metodologia <u>proposta utilizando o software 3D</u> : número de insertos em relação à tonelada “ removida ”	14,5

Observa-se que existe uma enorme diferença de consumo de insertos quando se faz a alteração da metodologia: praticamente três vezes maior.

No entanto, vale lembrar que a metodologia proposta fornece informações reais e de maior qualidade acerca do consumo, trazendo consigo os seguintes benefícios:

- (i) Custeio de forma mais precisa e correta do produto. Considerando-se que a margem de contribuição, e conseqüentemente o lucro, pode variar dependendo do cliente ou mesmo do mercado, os preços praticados para alguns mercados podem estar muito superestimados sinalizando um “mercado atrativo”, o que de fato pode não estar ocorrendo, e em função disso, alguns nichos mais rentáveis podem estar sendo desconsiderados devido a essa divergência antes não contemplada.
- (ii) Melhor avaliação da qualidade do inserto utilizado em termos de rendimento, limitações/restrições técnicas, melhor definição do tipo de inserto por tipo de produto. Conhecer de forma aprofundada algumas

informações sobre o inserto em uso traz inúmeras vantagens do ponto de vista de Engenharia.

- (iii) Melhor avaliação da usinabilidade dos materiais quando submetido a diferentes tipos de insertos. Considerar um consumo médio é errado, visto que existe uma diferença expressiva de usinabilidade quando se têm materiais com diferentes microestruturas ou que são submetidos a diferentes tratamentos térmicos.
- (iv) Melhor conhecimento dos equipamentos/periféricos, o que pode auxiliar na manutenção do sistema como um todo. Conhecendo-se de forma precisa o rendimento real por tipo de inserto e máquina de usinagem, torna-se muito mais fácil identificar problemas/ocorrências que estejam ligadas ao equipamento propriamente dito ou ao porta-ferramentas. Estudos de “causa e efeito” (quando se utiliza do diagrama de Ishikawa) podem apontar facilmente para problemas de equipamentos ou metodologia, mas como não se tem um correto entendimento do consumo real, muitas vezes estas variáveis acabam sendo descaracterizadas ou subestimadas.
- (v) Melhor planejamento operacional, uma vez que as informações serão muito mais realistas e representativas, proporcionando, inclusive, maior assertividade no provisionamento dos insertos (estoque estratégico). Quando se conhece o consumo real por tipo de produto e por etapa de usinagem, pode-se melhorar o nível de provisionamento e compra dos insertos, evitando-se com isso os constantes “desencontros” e “divergências” de informação para determinados projetos de fundição, uma vez que a carteira é bastante flexível.
- (vi) Melhor gerenciamento como um todo, visto que se torna possível pré-definir o consumo para cada peça no ato da liberação do desenho para a usinagem, facilitando, com isso, o monitoramento por parte do operador e do próprio gestor. Devido à enorme variedade de projetos de fundição, o simples fato de não se conhecer o consumo de forma precisa impossibilita a realização de um gerenciamento mais aprofundado. Conhecendo-se o consumo unitário por tipo de inserto, o próprio operador pode fazer um melhor acompanhamento de sua atividade durante determinada etapa de usinagem. Segundo Slack *et al* ⁽²⁾, para conseguir uma correta medição do desempenho, é necessário entender primeiramente a real capacidade do processo de atender a qualidade desejada, com confiabilidade, mas sobretudo, com custo adequado. Sem este entendimento, não se tem um gerenciamento adequado.

Vale comentar, adicionalmente, que a presente proposta consiste numa mudança conceitual da metodologia de gerenciamento. É bem provável que o resultado obtido em função desta alteração traga dúvidas quanto à veracidade do método, visto que existirá uma diferença expressiva nos resultados no início de sua aplicação. No entanto, é fato que a atual metodologia traz informações duvidosas e muitas vezes bastante divergentes do que realmente ocorre na prática.

6 CONCLUSÃO

O uso de um *software* 3D pode proporcionar informações mais confiáveis e precisas acerca da massa “teórica” a ser removida nas operações de usinagem, o que pode eliminar divergências/erros de entendimento quanto ao rendimento em certas operações.

Existe uma diferença expressiva entre a metodologia de monitoramento proposta e aquela que atualmente é utilizada, o que demanda, primeiramente, uma mudança conceitual.

A metodologia atualmente empregada não reproduz com precisão o consumo real de insertos de usinagem, e devido a isso, não se consegue retirar informações que possam contribuir para a avaliação de seu rendimento e outras análises de Engenharia.

Conhecendo-se o consumo real, o que passa a ser viável após a alteração da metodologia, pode-se planejar de forma mais adequada a compra e o estoque estratégico existente. Adicionalmente, pode-se implantar o “auto-controle” do consumo de insertos, que nada mais é do que uma gestão, pelo próprio operador, do consumo real dos insertos em tempo real: imediatamente após o uso, o operador efetua uma contabilização do total de insertos usados para aquela operação. Esta metodologia melhora consideravelmente o gerenciamento de área.

O custo orçado atualmente certamente está errado. Considerando-se que a margem de contribuição é definida sobre o custo orçado, e estando este custo “errado”, é possível que em alguns casos a margem de contribuição de certos projetos de fundição aponte um resultado financeiro satisfatório, porém de forma errada.

REFERÊNCIAS

- 1 FERRARESI, D. Fundamentos da usinagem dos metais. São Paulo. Editora Edgard Blücher Ltda. 2006.
- 2 SLACK, N.; CHAMBERS, S. JOHNSTON, R. Administração da produção. São Paulo. Editora Atlas, 2ª edição. 2002.