



## METODOLOGIA PARA OTIMIZAR A MANUFATURA DE MOLDES PLÁSTICOS<sup>1</sup>

Silvio José Cavallari Junior<sup>2</sup>  
André Luís Helleno<sup>3</sup>

### Resumo

Neste tempo de mudanças frequentes e rápidas, a maioria fabricantes de moldes plásticos estão sendo forçados a aderirem novas tecnologias, se quiserem sobreviver em um mercado tão competitivo. O objetivo do artigo é apresentar uma metodologia didática para otimizar a produção de moldes em um sistema de produção integrado. Inclui os setores de produção: controle de planejamento, projeto, processo de planejamento e programação NC. A abordagem adotada centra-se na utilização do processo de usinagem com altas velocidades (HSM), controle estatístico de processo e a relação entre suas interfaces para gerenciar a integração entre as ferramentas computacionais utilizadas para o planejamento de fabricação e controle produtivo dos moldes plásticos.

**Palavras-chave:** Sistemas integrados de manufatura; Usinagem com altas velocidades; Manufatura moldes plásticos.

### **METHOD TO OPTIMIZE MANUFACTURING OF MOULDS PLÁSTICOS**

### Abstract

In this time of frequent and rapid changes, most manufacturers of plastic molds are being forced to adhere to new technologies if they want to survive in an intensely competitive market. The aim of this paper is to present a didactic methodology to optimize the production of molds in an integrated production system. Includes the sectors of production: control of planning, design, process planning and NC programming. The approach focuses on the use of the process of high speed machining (HSM), statistical process control and the relationship between their interfaces to manage the integration of computational tools used for manufacturing planning and control production of plastic molds.

**Key words:** Integrated manufacturing systems; high speed machining; Manufacturing plastic molds.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 10º Encontro da Cadeia de Ferramentas, Moldes e Matrizes, 8 a 10 de agosto de 2012, São Paulo, SP.

<sup>2</sup> Universidade Metodista de Piracicaba.

<sup>3</sup> Prof. Dr. Universidade Metodista de Piracicaba.



## 1 INTRODUÇÃO

As maiorias das ferramentarias fabricantes de moldes plásticos encontram grande dificuldades em administrar sua produção, planejar e executar a fabricação de seus produtos, devido à concorrência e a pressão por tempos cada vez menores e desejo de uma maior qualidade imposta pelos clientes, impactando em orçamentos errados e, conseqüentemente prejuízos para empresa.<sup>(1)</sup>

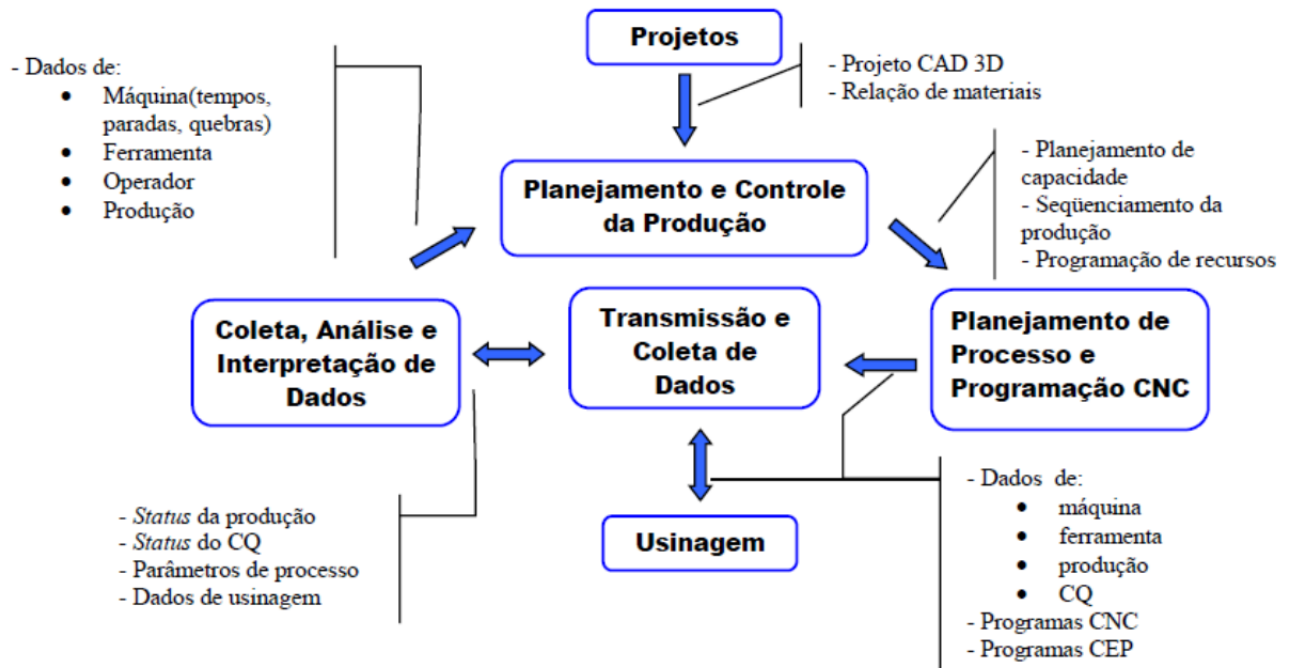
Devido a esse problema de planejamento encontrado e o crescimento exponencial da implementação de novas tecnologias na indústria de matrizes & moldes, impactos são gerados pela utilização crescente da tecnologia HSM – High Speed Machining (usinagem em alta velocidade). Uma das características inerentes à incorporação desta tecnologia é a demanda por alta velocidade de transmissão das informações envolvidas, desde o sistema de controle da máquina, até os relatórios gerenciais passando pelas etapas críticas do processo técnico de planejamento e controle do processo fabril. As limitações de um ambiente fabril inserido neste contexto surgem principalmente em conflitos de interfaces homem-máquina que precisam gerar trocas de informações cada vez mais rápidas nos diversos níveis de produção de forma eficaz. Cria-se então um problema fundamental para as grandes, médias e pequenas empresas de manufatura: a necessidade de investir em tecnologias aptas a lidar com a integração das interfaces (Figura 1) com a finalidade de reagir a tais impactos.

O objetivo a ser atingido com o desenvolvimento deste artigo é obter uma metodologia didática ideal para otimizar a produção de moldes plásticos em um sistema de produção integrado, considerando os principais obstáculos encontrados pelas empresas do setor.

## 2 ETAPAS DO PROCESSO DE MANUFATURA

A economia e inovação da usinagem tem sido um campo de interesse de muitos pesquisadores,<sup>(2)</sup> analisando uma melhor percepção do processo de fabricação e tornando-se necessário o intuito de alcançar a eficiência e a eficácia em todo o processo de manufatura. Uma avaliação consistente tem que considerar, pelo menos, os seguintes objetivos: baixo custo, alta qualidade e curto prazo de entrega. Para responder as exigências do mercado, todas as interfaces das etapas do processo de manufatura devem ser tratadas com especial atenção. Faz-se necessário então um estreitamento cada vez maior da ligação entre as funções de projeto, planejamento e fabricação, o qual requer um perfeito alinhamento nas interfaces destas, visando à integridade dos aspectos do produto, dos processos de produção e das operações factíveis e disponíveis em ambientes de manufatura.<sup>(3)</sup>

A figura abaixo representa a estrutura do modelo proposto pelo presente artigo. Demonstra esquematicamente o fluxo de informações e o inter-relacionamento dos setores da manufatura, com as principais informações envolvidas em cada nível.



**Figura 1.** Esquema do processo produtivo em ambiente de manufatura para produção de moldes plásticos com suas respectivas interfaces.

Devido a estes fatores, as etapas do processo de manufatura em indústrias de moldes plástico se desenvolvem cada vez mais através do uso de tecnologias computacionais – CAD/CAM, e gerenciais – ERP/PCP, que visam melhorar a efetividade da organização.

Para a execução das peças, o processo de produção, no caso de moldes e matrizes, envolve uma combinação de tecnologias computacionais, gerenciais e de fabricação. O desenvolvimento destas visam à otimização do processo reduzindo o tempo gasto nos setores da manufatura e nas suas interfaces. O desenvolvimento atual das ferramentas computacionais e de fabricação permitem também tolerâncias cada vez menores tendo, como consequência, uma qualidade superficial cada vez maior e tolerâncias vez mais precisas.

### 3 A TECNOLOGIA HSM

A inserção da tecnologia HSM (*High Speed Machining*, usinagem com altas velocidades de corte, avanço e rotação) no setor de fabricação possibilitou a usinagem de materiais de dureza elevada. Para a indústria de moldes plástico este é um benefício relevante, pois permite a usinagem de moldes a partir de materiais de maiores durezas sem a necessidade de posterior tratamento térmico e suas implicações. Esta tecnologia também contribuiu para a redução do tempo de usinagem devido à possibilidade de se atingir melhor parâmetro de corte, e de tempo total de fabricação do molde, pois, após executar os passes de pré-acabamento e acabamento em uma máquina HSC (*High Speed Cutting*) a qualidade superficial obtida praticamente dispensa o polimento manual para acabamento final. Além disso, o polimento manual causa um impacto negativo na precisão geométrica e dimensional, ou seja, na qualidade do produto.<sup>(4,5)</sup>

A tecnologia HSM, no caso de altas velocidades de corte HSC, vem sendo desenvolvida principalmente para operações de fresamento atendendo dois segmentos principais: metais não ferrosos e acabamento de materiais ferrosos. No



desbaste e acabamento de materiais não ferrosos, visa à alta taxa de remoção de material e o semi-acabamento e acabamento com alta qualidade de acabamento superficial. A segunda alternativa tem sua principal utilização nos fabricantes de matrizes e moldes, ocupando uma importante posição no processo produtivo, pela considerável redução do lead time, tendo como maiores demandantes a indústria automotiva, de eletrodomésticos e de bens de consumo.

O que se busca com esta tecnologia é estabelecer condições que permitam uma qualidade superficial cada vez melhor e tolerâncias cada vez menores, com tempos e custos de produção cada vez mais baixos. Para isso é preciso o desenvolvimento de novas tecnologias das ferramentas de corte, dos comandos NC e dos sistemas de transmissão de dados.<sup>(6)</sup>

É fundamental que os comandos numéricos tenham um tempo de processamento de bloco (TPB) menor que o tempo gasto pela máquina para executar sua menor movimentação,<sup>(6)</sup> já que um TPB elevado imporia limites às velocidades de avanço. Este também pode ser limitado no caso de uma baixa velocidade de transmissão de dados (baud-rate). Esses problemas acarretam em perda de desempenho da máquina e em um pior acabamento.<sup>(7)</sup> A resposta encontrada para estas questões é que os sistemas CAM são apenas ferramentas que permitem a programação de movimentos, sem visão das condições dinâmicas da máquina, tais como curvas de aceleração e desaceleração, comportamento das vibrações e quais estratégias são aplicáveis para minimizar estes efeitos.<sup>(8)</sup> A análise desses problemas em relação ao CNC e a transmissão de dados serão abordados nesse artigo.

## 4 METODOLOGIA.

A metodologia desenvolvida neste artigo foi baseada na integração estratégica dos diversos agentes envolvidos no processo, conforme visto na Figura 1, e em um estudo e delineamento detalhado das ferramentas de desenvolvimento de todo o processo de fabricação de moldes plástico, destacando-se:<sup>(9)</sup>

a) **PCP**, no qual o processo produtivo está dividido em duas diretrizes:

- Planejamento que é decidir sobre o que produzir e quando produzir.
- Programação que é decidir em que recurso uma operação será realizada e quando se dará seu início e fim.

b) **CAM**, que se projeta em duas principais vertentes:

- Monitoramento e controle por computador: aplicações nas quais o computador se conecta diretamente com o processo de manufatura com o propósito de monitorar ou controlar o processo.
- Aplicações de suporte à manufatura: aplicações indiretas, nas quais o computador é usado como suporte das operações de produção na planta, mas não há interface direta entre o computador e o processo de manufatura.

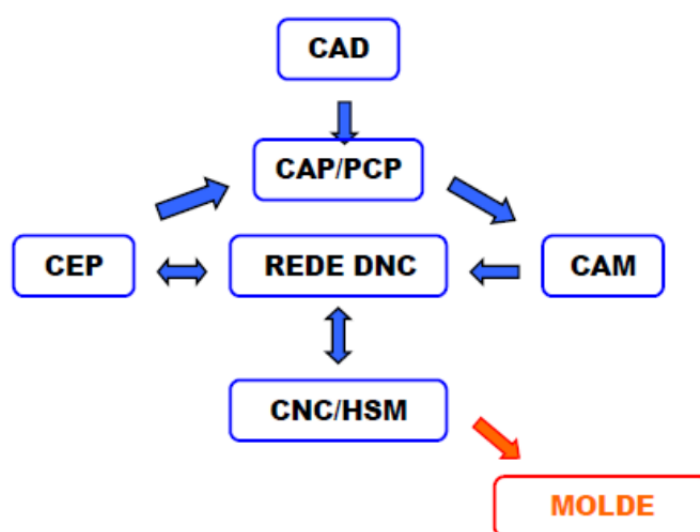
c) **HSM**, usinagem para alta produtividade que permite desbaste e acabamento para peças pequenas e acabamento fino para peças de todos os tamanhos a altas durezas (até 65 HC). A HSM envolve vantagens como:

- Produção de moldes plásticos em poucos ou até em um único *setup*, nesse caso já usinando o molde ou matriz após o tratamento térmico;
- Melhoria da precisão geométrica da matriz ou molde através da usinagem de precisão, o que, por sua vez reduz o trabalho manual e o tempo de *try-out*.
- Aumento da vida útil das ferramentas de corte, devido a um reduzido tempo de contato destas com a superfície usinada e pequenas profundidades de corte.



d) **CEP** – Controle Estatístico do Processo, diz respeito ao controle da qualidade e consiste da coleta, análise e interpretação de dados para utilização nas atividades de melhoria e controle da qualidade de produtos e serviços no chão de fábrica em tempo real.

A integração das interfaces das ferramentas é crucial para diminuir os intervalos de comunicação entre todas as etapas do processo produtivo envolvendo tecnologia HSM. A metodologia baseada na distribuição linear das etapas de fabricação de um molde para injeção de plástico desde o desenho entregue pelo cliente com suas especificações, passando pela otimização em diferentes etapas com as ferramentas de PCP, CAM e CEP e suas interfaces. Um esquema ilustrativo da seqüência seguida no método está disposta na Figura 2 que traduz os agentes de modelagem da Figura 1 para o ambiente computacionalmente integrado, um dos elementos-chave do modelo proposto.



**Figura 2:** Esquema de geração de moldes por integração de ferramentas computacionais de auxílio à manufatura com tecnologia HSM.

Após o recebimento do projeto em CAD 3D, faz-se um estudo detalhado do projeto a fim de se desenvolver as estratégias apropriadas de produção e usinagem das peças do novo molde. Para que o fluxo de dados não seja empecilho nesta etapa faz-se necessária a compatibilidade entre os softwares de CAD e CAM. Este último deve aceitar o arquivo do projeto no formato utilizado pelo software de CAD, geralmente as ferramentas de CAM são compatíveis com o formato de arquivo dos sistemas CAD mais difundidos no mercado, de mesmo fabricante e parceiros. Caso isto não ocorra os arquivos devem ser convertidos para formatos padronizados como IGES que por normalização devem ser aceitos por todos os softwares de CAM Deve-se também observar a linha de modelagem do projeto a qual pode ser realizada de duas formas, uma de modelagem em sólido, outra em superfícies. Esta característica exerce grande influência na qualidade superficial final do produto, principalmente quando este apresenta superfícies complexas.

O passo seguinte é a aplicação do planejamento finito da produção ao plano mestre do PCP. Este irá guiar a produção de acordo com a programação definida assim como definirá metas e prazos. Através do PCP faz-se o acompanhamento da produção, pois neste sistema integrado ele é constantemente alimentado com informações completas a respeito da produção (desde os tempos efetivos de





usinagem e de vida de ferramentas, até o acompanhamento em tempo real dos lotes em produção e produzido, passando pelos dados de CQ obtidos do CEP).

Seguindo a programação do PCP, são gerados os cálculos de usinagem para o caminho da ferramenta de corte e, conseqüentemente, os programas de comando numérico na linguagem compatível com a máquina HSC a ser usada. Nesse processo o recurso ideal é a ferramenta de CAM também 3D.

O programa de usinagem da peça deve ser executado on-line, via rede DNC (Comando Numérico Distribuído), em uma máquina HSC. Ainda via DNC deve ser feita a realimentação dos dados de usinagem com o envio de informações para um software de CEP que monitora a produção da matriz e envia dados do processo para o PCP. Dessa forma a programação se mantém sempre atualizada e também se pode traçar um perfil do seu leiaute para que as próximas programações sejam mais precisas e condizentes com o processo real.

Com o passo anterior concluído, passaram a serem geradas as programações CNC para a usinagem dos componentes do molde. Para tal, deve ser usada a ferramenta de CAM, para definição da programação CNC definição de estratégia para esta usinagem, incluindo a escolha das ferramentas de corte.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão deste trabalho gerou um impacto positivo no desenvolvimento de técnicas de aprendizado eficientes no ambiente de ferramentaria voltada para moldes plásticos. Seguindo este método de otimização aqui apresentado espera-se uma sensível redução dos tempos não só para a usinagem de moldes plásticos, mas em todos os atuais processos de usinagem que utilizam as tecnologias aqui abordadas. Para isto tornar-se possível, fica comprovada a necessidade de um amplo entendimento das ferramentas envolvidas no processo e suas integrações, buscando o melhor equilíbrio entre o homem e a máquina a fim de se otimizar os processos produtivos.

## REFERÊNCIAS

- 1 SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHSTON, R. Administração da Produção, São Paulo: Editora Atlas, 2ª Edição, 2002.
- 2 SATISHKUMAR, S.; Asokan, P. Selection of optimal conditions for CNC multitool drilling system using non-traditional techniques. Int. J. Machining and Machinability of Materials, Vol. 3, Nos. 1/2, 2008.
- 3 ALTAN-T; LILLY-B; YEN-YC.: Manufacturing of Dies and Molds In: Cirp-Annals-Manufacturing-Technology - Eng. Res. Ctr. For Net Shape Mfg. Ohio State University, Columbus, Oh, United States v. 50 n. 2, pp. 405-423, 2001,.
- 4 SANDVICK COROMANT; Fabricação de Moldes e Matrizes, Ferramentas e Métodos. Maio 2002.
- 5 SCHIMIDT, J; HUNTROP,V. O Grande Potencial da Microusinagem. Maquinas e Metais. n. 434, pp. 44-57, março 2000.
- 6 YOUJIANG, W; et al. The research of CNC machine appearance design based on evolution theory. Proceedings of the 2010 IEEE ICMIT, January 2010, Pages 875 - 879.
- 7 SCHÜTZER, K.; SOUZA, A.F. DE; DEONÍSIO, C.C.C.: Introdução do Processo Hsc na Indústria Brasileira. In: Anais do 4º Seminário Internacional de Alta Tecnologia - Inovações Tecnológicas na Manufatura para o Ano 2000, Santa Bárbara D'oeste, pp. 79-98, agosto 1999.



- 8 RODRIGUES, M. A.. Não culpe o CAM pelo tempo perdido na usinagem. Máquinas e metais, São Paulo, v. 46, n. 529, p. 128 – 131. fev. 2010.
- 9 LEPIKSON, H.A. Introdução aos Sistemas Integrados da Manufatura. Cetim, UFBA – Departamento De Engenharia Mecânica, 1999.