

A Programação de Máquinas Ferramenta com Comando Numérico Tendências & Desenvolvimentos

Telefone, óculos, **capacete**, cadeira, teclado, sapato, volante, caneta, **copo** brinquedo, termos sem aparente relação ou semelhança para além do facto de serem alguns dos milhares de objectos utilizados e manipulados pelo homem no seu dia-a-dia. Mas se fizermos uma análise mais cuidada ao nível das suas propriedades e características funcionais encontramos um elemento comum, todos se adaptam à fisiologia do corpo humano.

Na prática, falamos de **ergonomia**, um dos factores dominantes na fase de concepção a par do **design** e naturalmente da **funcionalidade**. A junção destes três factores, associada à quase total liberdade do projectista no exercício da sua actividade, possível, não só por via da utilização de ferramentas CAD/CAE de enorme potencialidade mas também pelo facto de o desenvolvimento ao nível das tecnologias produtivas reduzir hoje, muitos dos constrangimentos a nível do fabrico, leva-nos a objectos geometricamente elaborados.

Estas formas tridimensionais, em alguns casos de extrema complexidade, exigem, quer numa fase de execução do protótipo ou já em produto final, uma resposta adequada ao nível dos processos e tecnologias de fabrico. Entramos assim no universo das máquinas ferramenta com comando numérico que hoje alcançaram patamares de desenvolvimento superiores, não só ao nível da sua arquitectura, da cadeia cinemática, mas também e em particular ao nível do controlo. Por consequência, as técnicas de operação / setup a par da programação deste tipo de equipamentos são de vital importância para a sua eficaz utilização e rentabilização. É nesta vertente que agora se propõe uma abordagem de maior detalhe, em particular ao nível da programação que continua em determinados aspectos a não ser totalmente explorada.

Quando a partilha de ideias ou conceitos se estabelece por via da escrita, formalizada em textos do tipo *Dicas & Truques*, pequenas colunas de opinião ou artigos de maior profundidade como este pretende ser, surge desde o início o dilema do título, sabendo que o mesmo deve induzir, por um lado a leitura e por outro os conteúdos chave sintetizados. Confessa-se que desde o início se direccionou o título para "**A Programação CNC**", talvez, por "vícios" linguísticos instalados e praticados diariamente por todos os técnicos que vivem de uma forma intensa a arte da maquinação.

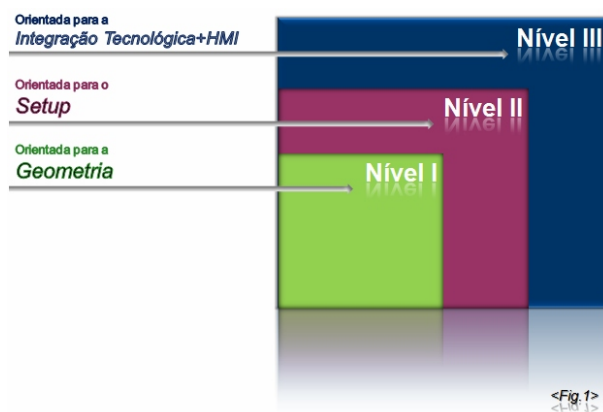
Quando o termo Programação CNC é empregue, o pensamento focaliza-se e bem, nas técnicas e instrumentos de programação orientados para a geometria do componente, ou seja, para a criação do percurso da ferramenta que vai permitir formar a peça. O demasiado enfoque nesta vertente, como hoje ainda é possível constatar, afecta de uma forma negativa a tomada da decisão quando se passa para um nível superior, a aquisição tecnologia (a compra da máquina ferramenta). Mais problemática é muitas vezes esta abordagem, quanto do outro lado, o mercado fornecedor, está a um nível de pensamento semelhante.

"**A Programação de Máquinas Ferramenta com Comando Numérico**" não se esgota na programação orientada para a

geometria: a capacidade de programar a diferentes níveis é factor diferenciador entre as empresas que utilizam a tecnologia CNC e que se reflecte na sua taxa de sucesso. Sem uma visão global do que significa e é a programação não será possível alcançar rendimentos máximos de uma máquina ferramenta.

Que níveis de programação podemos observar?

As mudanças tecnológicas que se registam, principalmente nos últimos anos, permite contextualizar a programação de uma máquina ferramenta com comando numérico segundo três níveis <Figura 1>: O **Nível 1** orientado para a geometria da peça, o **Nível 2** para a preparação e setup da máquina e o **Nível 3** para a integração tecnológica e personalização/adaptação do interface ao operador



(HMI-Human Machine Interface).

No pormenor podemos ainda observar:

Nível 1 - Inclui todas as técnicas e instrumentos de programação que permitem movimentar a máquina com o objectivo de formar a peça. O tipo e complexidade da geometria estabelece o método e as técnicas de programação a aplicar bem como se a actividade se pratica directamente na máquina ou externamente em PC.

Nível 2 - Enquadra-se nas técnicas de preparação e setup da máquina, permitindo criar automatismos em tarefas que normalmente implicam a intervenção humana. Rotinas automáticas para alinhamento do sistema de aperto/peça, ordens incluídas no programa de maquinação para actuar acessórios externos, actualização automática dos dados da ferramentas, verificação automática de situação de estado prévias ao arranque da maquinação como presença da peça, correcta fixação, etc.

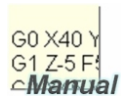
Nível 3 - Programação que permite criar rotinas para arranque automático da maquinação a par do envio dos ficheiros de maquinação e ferramentas, controlo remoto não só no arranque mas ao longo e no fim da maquinação. A um outro nível, faculta a personalização do interface ao operador, bem como interacção operador/máquina através de caixas de diálogo personalizáveis.


Para cada nível e com suporte no mercado fornecedor, vamos encontrar variadas soluções de programação que permite ao técnico

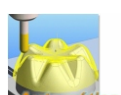
responder positivamente às solicitações diárias. Para tal,

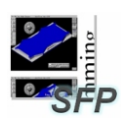
Quais os métodos de Programação disponíveis?

Identificam-se essencialmente cinco métodos de programação <Figura 2> que podem caracterizar-se genericamente da seguinte forma:


 A programação manual, como a própria designação reflecte é a elaboração do programa manualmente. O seu completo domínio é fundamental para a correcta compreensão e aplicação dos restantes métodos. Esta técnica é ainda praticada por muitos dos utilizadores, elaborar a sequências de códigos, quer directamente no controlador ou recorrendo a um editor de texto em PC continua a ser comum, principalmente nas empresas onde os componentes a maquinar não são de grande complexidade geométrica.

 A programação conversacional está direccionada para a criação do programa on-line (directa no controlador) sem que para isso o operador / programador tenha que memorizar a sintaxe dos códigos de programação. Na prática, o controlador “conversa” com o utilizador. A cada código de programação o controlador vai sequencialmente apresentando a sintaxe e pedindo ao operador que introduza os respectivos valores. Com a evolução dos controladores tornou-se bastante interactiva e amigável, com destaque para os auxiliares gráficos que a suportam. Aplica-se, por exemplo, na execução de ciclo de furação (linear, circular, grelha), na execução de caixa de geometria fixa ou variável, etc.

 A programação automática (CAM) veio revolucionar as metodologias de programação, uma vez que o programador deixa de ter a árdua tarefa de criar todo o código manualmente, com os naturais erros de programação que daí advêm. O computador passa a ser o instrumento de trabalho que calcula e processa automaticamente o percurso da ferramenta de acordo com os dados fornecidos pelo programador. Todo o trabalho se processa através da operação de softwares específicos para maquinação e que se baseiam em 3 etapas: Primeiro a geometria, que pode ser criada ou importada a partir de um sistema CAD; Segundo as ferramentas e todos os dados relacionados com o processo/estratégia de maquinação; Por último o processamento automático do programa conforme dados definidos nos dois momentos anteriores.

 **SFP** - Shop Floor Programming, pode-se considerar um método de programação recente se comparado com os restantes e surge associado ao aparecimento dos PC-CNC. Desenvolve-se directamente no controlador da máquina permitindo a programação rápida de elementos de contorno, furações ou caixas, tanto para operações de fresagem como para operações de torneamento, direccionando-se para operações simples de maquinação 2D e 2 ½ D. A sua filosofia baseia-

se na geometria da peça, sendo o processo e sequência de tarefas similar a um sistema CAM. O programa pode ser elaborado em simultâneo à maquinação. Este conceito começa a impor-se nos controladores CNC.

 É de todos o método de programação mais avançado, que permite não só flexibilizar, personalizar e automatizar a programação orientada para a geometria mas também actuar ao nível das técnicas de operação e setup do equipamento.

Na prática, destaca-se a possibilidade de criar novos códigos G, como ciclos de maquinação não existentes na máquina, que executem por exemplo, ciclos de furação específicos, ciclos de caixas (tanto desbaste como acabamento). Numa outra vertente, permite interagir com a máquina ao nível dos seus parâmetros, como ler sinais de entrada ao autómato, ou enviar estímulos para accionar determinado mecanismo interno, etc.

Verifica-se assim, que o mercado disponibiliza diversas soluções, que devem ser compreendidas pela sua complementaridade, e isso coloca dois grandes desafios ao nível da programação das máquinas ferramenta com comando numérico: o primeiro, é o de saber gerir e utilizar adequadamente os métodos e as ferramentas de programação disponíveis em favor da empresa, por arrasto, o segundo, não deixar que a necessidade crescente de utilização dos sistemas automáticos (CAM) deixe, como se verifica cada vez mais, que o pensamento generalizado seja que todos os outros não são alternativa.

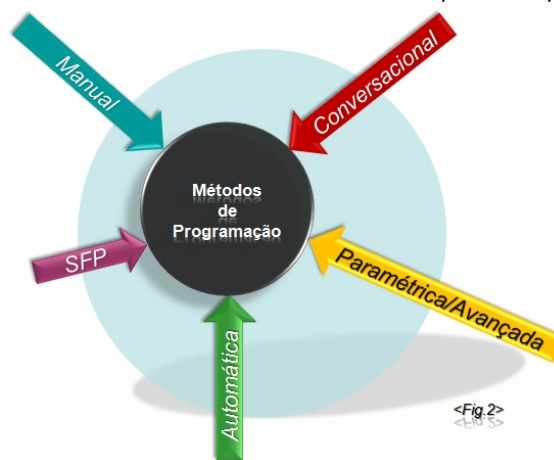
Para tal, é fundamental conhecer as vantagens e desvantagens de cada solução e o seu enquadramento nos três níveis de programação referenciados.

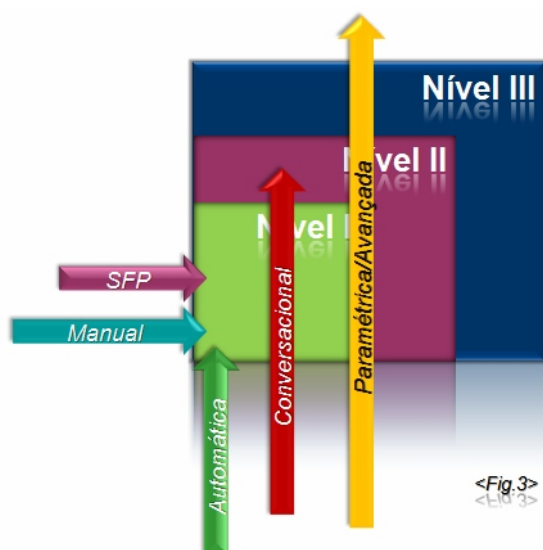
Relembrando que o **Nível 1** está orientado para a geometria, o **Nível 2** para o Setup e o **Nível 3** para a integração tecnológica.

Que cruzamento podemos encontrar?

Observando a <Figura 3>, verifica-se que todos os métodos de programação se inserem no Nível I. Há no entanto a Programação Paramétrica/Avançada que é transversal a todos os níveis e isso coloca-a numa posição destaque relativamente às demais.

Se por um lado a manual, conversacional, SFP e automática estão fortemente orientadas para o percurso da ferramenta, com a conversacional a actuar também no nível II quando associada à programação de uma “Probe”, a paramétrica/avançada para além de responder nesta vertente, abrange as técnicas de setup e abre as portas para a integração tecnológica. Verifica-se no entanto, que na prática, esta abrangência e potencialidades não tem correspondência em termos da taxa de utilização, muito por culpa de ideias e conceitos deturpados sobre o que é realmente este tipo de programação, mas também, por evidente falta de conhecimento / formação de quem no dia-a-dia exerce esta actividade.





Mas qual a mais-valia da programação Paramétrica/Avançada?

Há largos anos, quando os sistemas CAM não tinham as performances de hoje, a programação paramétrica era o recurso para a maquinação de peças com alguma complexidade geométrica. Recorda-se por exemplo, a utilização na definição do percurso da ferramenta para criar os ângulos de saída tanto na bucha como na cavidade ou na definição dos raios de concordância de dimensão variável, entre outras situações. Com o desenvolvimento dos sistemas CAM estas técnicas foram ao longo dos anos descontinuadas e o número de utilizadores decresceu drasticamente. Assim, a sistemática contextualização desta forma de programação no nível I, instalou ao longo dos tempos a ideia errada de que já não se justifica a sua aplicação e afirmações do tipo “não serve para nada” continuam a ser comuns.

Mas como interfere nos três níveis de programação?

A programação paramétrica/avançada baseia o seu funcionamento no conceito de variável, as do programador (definição livre) e as do sistema (estados de funcionamento da máquina). Com base nas variáveis, podemos determinar os níveis flexibilização das técnicas de programação orientadas para a geometria, os níveis de automatização das técnicas de setup e por último os níveis de integração e personalização do controlador. Vejamos alguns exemplos:

Nível 1 - Estamos na esfera do código de programação responsável pelo percurso da ferramenta. Qual a principal diferença na programação ISO entre uma G1 (interpolação linear) e uma G83 (furação intermitente): enquanto na G1 a um bloco de programação definido pelo programador corresponde um e um só movimento linear da máquina, na G83 a um bloco de programação corresponde uma sequência movimentos rápidos (G0) e lineares (G1) não programados mas calculados pela máquina de acordo com dados introduzidos pelo programador no respectivo código: isto é **programação paramétrica!**

Cenário #1 - Peças com a mesma geometria mas com variações

nas suas dimensões principais, p.e., um parafuso com alternância no comprimento total, no comprimento e dimensão de rosca. Pela programação normal teremos um programa para cada situação, ao invés, pela paramétrica um só programa, que se adapta a essas variações dimensionais.

Cenário #2 - Execução de peças de geometria tipo calote esférica, troncos cónicos, helicoidais.

Cenário #3 - Criar ciclo de maquinação não existentes na máquina, tipo caixas circulares, rectangulares e outras, Ciclos de furação lineares, circular e em grelha, etc.

Cenário #4 - Criar os meus próprios códigos G e M associados aos exemplos anteriores.

Nível 2 - Estamos na esfera das operações de setup da máquina. Acerto de ferramentas, alinhamento do sistema de aperto/peça, etc.

Cenário #1 - A empresa tem todo o processo de gestão da ferramenta concentrado em redor de um sistema de pré-setting externo, que mede diâmetros, comprimentos e desgaste. A informação respectiva é guardada em ficheiro.

A este nível é possível enviar o ficheiro para a máquina e automaticamente actualizar as tabelas de ferramentas. Caso exista um ficheiro ferramenta por peça/produto, é possível agregar esta informação no cabeçalho do ficheiro de maquinação e ser este a enviar a informação para a tabela de ferramentas.

Cenário #2 - Tenho um sistema de aperto específico que contém micro-switch que detectam a correcta fixação da peça. É possível criar uma rotina que verifique o estado dos sinais e o correcto posicionamento da peça, com mensagem de alarme ao operador.

Cenário #3 - No final da maquinação pretendo accionar um cilindro pneumático para extracção da peça. Concretiza-se, através da utilização de um código M adicional colado no final do programa de maquinação.

Cenário #4 - A meio da maquinação e antes de uma operação crítica, é necessário verificar uma cota, caso fora da tolerância interrompe a maquinação e envia mensagem ao operador. Concretiza-se, elaborando uma Macro específica para uma Probe (apalpador).

Nota importante: No nível 2, a maioria das situações de automatização passam pela utilização de códigos M adicionais que devem ser consideradas no processo de aquisição do equipamento. Hoje, não faz sentido adquirir uma máquina sem esta opção, os custos associados não são relevantes.

Nível 3 - Estamos na esfera da integração tecnológica e da personalização do ambiente de trabalho.

Cenário #1 - A possibilidade de monitorizar a maquinação a partir de PC externo, ordem de arranque, paragem de emergência, tratamento de mensagens, etc.

Cenário #2 - A possibilidade de obter automaticamente para tratamento estatístico e gestão, tempos globais de maquinação, tempos de setup, tempos de paragens forçadas, log file das avarias, etc.

Cenário #3 - A possibilidade de obter informação real dos parâmetros de corte optimizados com actualização de base de

dados externa.

Cenário #4 - Personalizar o ambiente de trabalho com novas caixas de diálogo ao operador. Um produto com vários itens, em que a cada item está associado o respectivo programa de maquinação. Criar caixa de diálogo que permite ao operador seleccionar o item respectivo e através deste accionar automaticamente a maquinação.

Nota importante: No Nível 3, para alguns dos cenários referidos será necessário adquirir software específico, normalmente associado à marca do controlador.

As metodologias de programação continuam em evolução, a concorrência e a agressividade do mercado fornecedor de soluções, impõe um ritmo “assustador” de novas técnicas e versões que obrigam a um acompanhamento permanente. Da observação do mercado,

Que tendências e desenvolvimentos se podem retirar?

Para melhor enquadrar algumas das principais tendências e desenvolvimento, referem-se três períodos recentes mas marcantes no desenvolvimento tecnológico. Os anos 80 representam o grande “boom” das tecnologias CAD e CAM ao nível do ambiente, filosofia e performances de trabalho, os anos 90 marcam a viragem ao nível dos controladores com a introdução dos PC-CNC e por último o novo século abre as portas à utilização do CAM no próprio controlador, o que vem questionar e impor novos métodos, técnicas e filosofias de trabalho. Destaca-se:



Ao nível das performances:



Avançada Paramétrica

Desenvolve-se em ambiente tipo Windows. Para além das capacidades mencionadas anteriormente permite actuar ao nível da manutenção remota dos equipamentos e interagir em tempo real com o operador/programador quando este não se encontra junto do equipamento. Receber SMS em situações de paragem não prevista deixou de ser uma miragem.

Solicitar informação à máquina, ao nível do seu estado de funcionamento, posicionamento e funções de programação / maquinação activas, é na geração actual mais fácil.



Conversacional

Desenvolve-se com o auxílio de gráficos dinâmicos. Permite estabelecer seqüências de maquinação que podem em tempo real ser modificadas, quer por introdução de novos códigos, quer por redefinição dinâmica da seqüência de maquinação.



Automática

Actualmente, a tecnologia CAM tem na evolução dos equipamentos CNC o seu motor de desenvolvimento que aposta nas estratégias para a alta velocidade bem como na maquinação a 5 eixos e as últimas versões manifestam um ganho de fiabilidade nestas duas vertentes. Por outro lado, a crescente utilização de modelos sólidos bem como a maior capacidade de decisão dos próprios sistemas, conduz a que as diferentes soluções tendam para uma maior simplificação das tarefas de operação e manipulação dos softwares facilitando a actividade dos operadores CAM, reduzindo substancialmente os ciclos de aprendizagem.

Paralelamente, a maior complexidade das maquinações começa a exigir soluções de simulação não só da ferramenta de corte mas também do processo (trajectória da ferramenta, sistema de aperto/peça e máquina) e isso marca definitivamente geração actual das soluções CAM.

Hoje podemos considerar três grandes linhas de desenvolvimentos dos sistemas CAM:

- **ASSOCIATIVIDADE** - Geometria / Estratégia de Maquinação
- **INTELIGÊNCIA** - Reconhecimento automático das operações a efectuar p.e. furo roscado
 - . AFR - Adaptive Feature Recognition
- **AUTOMATIZAÇÃO** - Base de dados de operações
 - . KBM - Knowledge-Based Machining

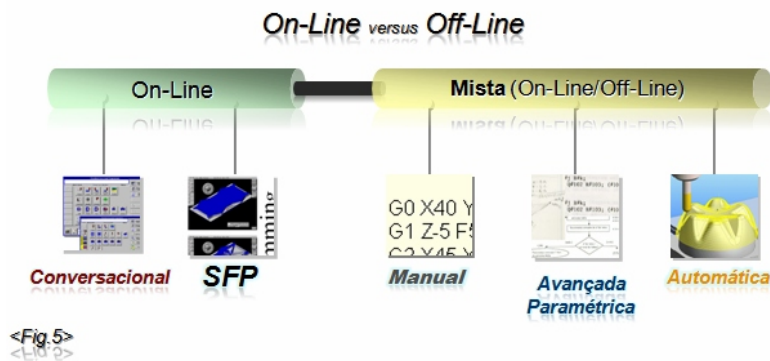
Ao nível das técnicas e filosofias de trabalho:

A programação manual desenvolvida por excelência on-line (no controlador), tem vindo ao longo dos anos a perder peso se comparado com a programação automática. A evolução dos controladores tem tido uma forte influência nas técnicas de programação: se por um lado durante anos os controladores não evoluíram significativamente ao nível da interface ao operador, dado que a linha de desenvolvimento se traduzia no facto da programação ser na maioria realizada off-line, com a introdução dos PC-CNC as novas abordagens surgiram.

A diminuição da intervenção do operador da máquina na actividade de programação tem contribuído para que este tenha um papel menor na melhoria do processo produtivo, criando muitas vezes desconforto na relação com os programadores CAM, que se quer saudável e dinâmica. Exercer a actividade de programação directamente sobre a máquina ou fora desta deve obedecer a critérios associados à organização e gestão dos vários métodos de programação existentes na empresa. Observa-se contudo, que o simples facto da empresa passar a utilizar a programação automática CAM, tende erradamente, a colocar de lado a exploração e utilização diária dos restantes métodos.

A <Figura 5> mostra como hoje pode ser desenvolvida a actividade de programação, a conversacional e SFP pela sua natureza

directamente no controlador, enquanto as restantes on-line e/ou off-line de acordo com a organização imposta na empresa. Particulariza-se novamente o CAM, pois emerge um novo conceito que passa pela colocação de um posto de programação junto ao equipamento CNC ou mesmo instalado neste. Este cenário já praticado por muitas empresas, vem por um lado motivar e por outro facilitar a tarefa do operador da máquina, pois este poderá previamente simular a maquinação ficando a conhecer toda a sua sequência tornando-se um elemento activo no processo de melhoria, podendo mesmo em algumas situações corrigir pequenos erros ou imprecisões. Isto não invalida que a grande actividade de programação em redor dos sistemas CAM continue a ser desenvolvida off-line.



Nota final

Alargar as fronteiras do que é a programação de máquinas ferramentas com comando numérico, foi o objectivo.

“Sem uma visão global do que significa e é a programação não será possível alcançar rendimentos máximos de uma máquina ferramenta com comando numérico” •

Jorge Maurício - Coordenador da Área dos Sistemas de Produção do DDI - Departamento de Desenvolvimento & Inovação do CENFIM