

MODELO DE SELEÇÃO AUTOMÁTICA DE FERRAMENTAS E DE CONDIÇÕES DE USINAGEM NO TORNEAMENTO PARA APLICAÇÃO EM PEQUENAS EMPRESAS

Luiz Airton Consalter, Dr. Eng. Mec.

Universidade de Passo Fundo, BR285 km 171- Passo Fundo/RS – CEP 99001-970 - E-mail:
lac@upf.br

Cassiano Pinzon, Acadêmico de Eng. Mec.

Universidade de Passo Fundo, BR285 km 171- Passo Fundo/RS – CEP 99001-970 - E-mail:
cassianopinzon@tpo.com.br

Nilson Luiz Maziero, Dr. Eng. Mec.

Universidade de Passo Fundo, BR285 km 171- Passo Fundo/RS – CEP 99001-970 - E-mail:
nlm@upf.br

Resumo. Este trabalho apresenta um módulo de aplicação para um sistema de planejamento de processos auxiliado por computador (CAPP) baseado em features para a modelagem de informações em operações de torneamento. Com este módulo pretende-se facilitar e otimizar a tarefa de seleção de ferramentas e de condições de corte, principalmente em fábricas de pequeno porte onde a aplicação da tecnologia de usinagem é menos usual ou mais difícil. Para essas finalidades passa-se a sistematizar e aplicar o conhecimento no domínio do torneamento, de forma a configurar um software do tipo Sistema Especialista onde se utiliza a informação sobre as features das peças fornecidas pelo software de modelamento de informações de projeto e de fabricação. Através do mecanismo de inferência do Sistema Especialista e da base de conhecimento implementada com informações dos recursos e características de uma fábrica específica, esse software passa a fornecer os resultados mais apropriados de ferramentas, portas-ferramentas, roteamento de operações, velocidades de corte, avanços, sobrematerial, e potências de corte.

Palavras-chave: ferramentas de torneamento, condições de usinagem, seleção automática, CAPP.

1. INTRODUÇÃO

O uso de máquinas CNC tem exigido geometria de ferramentas e de portas-ferramentas que possibilitem a usinagem sem risco de colisões com partes da peça ou com dispositivos de fixação.

Apesar da grande quantidade de informações para a escolha de portas-ferramentas, pastilhas de corte e parâmetros de usinagem disponíveis na literatura técnica, mais especificamente em catálogos de fabricantes de ferramentas de corte e em tabelas de livros técnicos, ainda é comum encontrar nas indústrias de pequeno e médio portes o emprego de ferramentas de geometria e materiais inadequados ou obsoletos que, por consequência, promovem a sub-utilização dos recursos de equipamentos e dificultam a obtenção das especificações de projeto das peças. A evolução das ferramentas de corte tem revolucionado sua aplicação, o que tem exigido atualização de conhecimentos para que se possa melhorar a competitividade da empresa.

Particularmente, no caso das micro e pequenas empresas a sua sobrevivência depende sobretudo dos baixos custos de aquisição e implantação de eficazes sistemas de auxílio à produção que não dependam de recursos humanos especializados e, portanto, de alto custo, para efetuar as tarefas de chão de fábrica. Para isso, torna-se necessário dispor de uma base de conhecimento com

informações técnicas e procedimentos quanto ao uso de ferramentas de corte, o que pode ser obtido através da sistematização deste conhecimento em um sistema computacional de baixo custo.

Em se tratando de empresas de pequeno e médio porte, ou daquelas que atuam única ou prioritariamente em processo de torneamento, torna-se técnica e economicamente inviável a adoção de sistemas CAPP abrangentes. Normalmente, esses sistemas, a exemplo dos sistemas CAM, não dispõem de módulos destinados à seleção de ferramental em nível de seus materiais, sua geometria e seus parâmetros de corte. Estas deficiências poderiam ser resolvidas com o desenvolvimento de uma metodologia sistemática e preferencialmente automatizada pelo auxílio do computador, que executasse as funções de planejamento de um processo específico, no caso o torneamento, como a determinação automática das ferramentas, das condições de corte e a geração do programa CNC. Para o atendimento desta última função já se dispõe de um sistema de modelamento de informações de projeto e de fabricação denominado FeatCAD-2D (Maziero et al, 2000). Associando-se a esse sistema as funções de seleção automática de ferramentas, de portas-ferramentas e de parâmetros de corte, passa-se a dispor de uma ferramenta computacional simples e efetivamente direcionada para os problemas de planejamento do processo de torneamento.

Entende-se que este sistema possa ser desenvolvido com relativa facilidade, uma vez que:

- as informações sobre especificações de ferramentas de corte e de portas-ferramentas, bem como recomendações de dados de corte estão disponibilizadas em catálogos de fabricantes;
- as classes de materiais de ferramentas, as formas geométricas e dimensões de pastilhas de corte e de portas-ferramentas já estão devidamente padronizadas e codificadas segundo normas internacionais mundialmente adotadas;
- a associação dos dois itens acima com a disponibilidade de *softwares* de sistemas especialistas baseados em regras, viabiliza a sistematização do conhecimento para gerar soluções/decisões de escolha de ferramentas, portas-ferramentas e condições de corte.

Um aspecto técnico-econômico geralmente desconsiderado nos planos de processos das indústrias que efetuam trabalhos de usinagem é a exploração do potencial da ferramenta e da máquina-ferramenta através do melhor uso das condições de corte (velocidade de corte, avanço e profundidade de usinagem). Essa desconsideração representa perda de produtividade e custo adicional de fabricação que poderiam ser evitados se os limites funcionais de máquina (potência) e de ferramenta (carga admissível) fossem levados em conta no procedimento de seleção do ferramental e dos dados de corte.

Assim, o presente trabalho tem, na sua forma mais abrangente, os seguintes objetivos gerais:

- desenvolver uma metodologia sistemática para determinação automática de ferramentas e de dados de corte, que venha complementar os recursos tecnológicos de um sistema CAPP específico para o torneamento.
- elaborar regras procedurais para aplicação para auxílio à geração de planos de processo de torneamento em empresas de pequeno e médio portes.

E, para o atendimento dos objetivos gerais, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- conceber um protótipo de base de dados para portas-ferramentas e pastilhas de corte a partir de catálogos de fabricantes de usinagem;
- desenvolver um modelo de regras de conhecimento em *software* aplicativo de sistema especialista para selecionar portas-ferramentas e pastilhas de corte em função dos dados de corte recomendados em catálogos, da geometria do ferramental e das *features* das peças;
- implementar no sistema o cálculo da potência necessária para as condições de corte selecionadas automaticamente e verificar sua exeqüibilidade;
- efetuar o interfaceamento entre o sistema especialista e o sistema FeatCAD-2D, de maneira que as atividades ocorram completamente em uma única plataforma computacional.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Existem diferentes enfoques na definição de Planejamento de Processos Auxiliado por Computador - CAPP, porém acredita-se que uma definição representativa das demais seja aquela

apresentada por Pande & Desai (1995): “CAPP é uma importante atividade em CAD/CAM que converte as informações de projeto em instruções de fabricação para desenvolver uma estratégia de manufatura de peças”. Segundo Rezende (1996), os sistemas CAPP apresentados na literatura procuram resolver problemas muito genéricos e talvez esta seja uma das causas das dificuldades encontradas na sua adaptação à realidade industrial.

Na última década tem sido dado mais ênfase ao desenvolvimento dos sistemas CAPP que utilizam a tecnologia de *features*, já com resultados na forma de sistemas aplicativos (Pande & Dessa, 1995; Rezende, 1996). Especificamente direcionado para peças rotacionais em processo de torneamento, Maziero et al (2000) desenvolveram um sistema CAPP para geração automática de programas CNC a partir do uso de *features*, denominado FeatCAD-2D, sistema este ao qual o presente trabalho está associado. Nesse sistema as *features* são estruturadas de modo a representar uma peça ou um conjunto delas e essa estrutura pode ser utilizada em qualquer aplicativo que venha a ser criado. O sistema de representação das informações é o *feature-based*, o qual trabalha a partir de formas preestabelecidas que são inseridas para a representação de uma peça. Tanto esse aplicativo como a grande parte dos sistemas CAPP utilizam sistemas especialistas para seu funcionamento.

Segundo Maziero (1998), “um sistema especialista tem por finalidade dotar programas de computador com um tipo de mecanismo de análise que, através do uso de regras, fatos ou *frames*, possibilite modelar informações não algorítmicas (heurísticas), que não possuem uma representação matemática exata”. A formalização de um sistema especialista constitui-se na conversão do conhecimento adquirido em um programa de computador específico. Isso implica, em primeiro lugar, a estruturação da base de conhecimento que compõe o sistema especialista e, em segundo, a concepção da interface com o usuário. Essa estruturação, por sua vez, consiste em introduzir no software os atributos e valores relativos às ferramentas e às condições de usinagem e produzir as regras de decisão para efetivar a seleção automática. A Fig. (1) esquematiza a arquitetura dos sistemas especialistas, na qual se pode observar a participação da base de conhecimento e o seu relacionamento com os outros módulos do sistema.

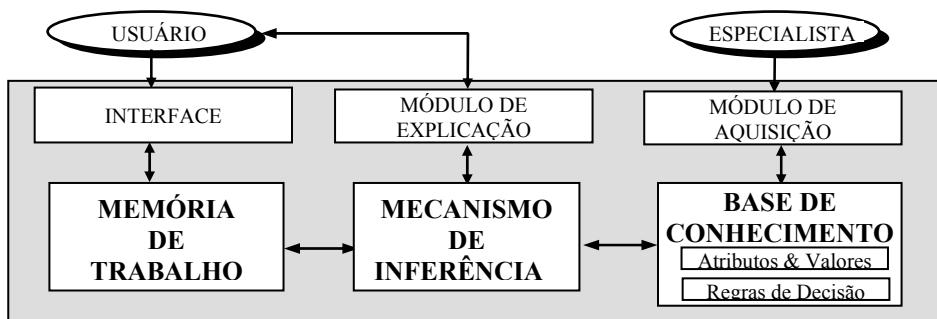


Figura 1. Arquitetura dos sistemas especialistas (Maribondo, (2000)

A determinação de parâmetros de usinagem está fundamentada no estudo empírico da usinabilidade dos materiais e da vida das ferramentas (Stemmer, 2001; Diniz et al, 2001). No entanto, esses modelos apresentam-se complexos e onerosos e, portanto, dificilmente são adotados nas indústrias de forma direta.

Uma maneira prática mundialmente aceita para selecionar dados de corte é através de pesquisa em bancos de dados de usinagem, que são alimentados com informações originárias de ensaios de usinabilidade e vida de ferramentas. Entre esses bancos de dados destacam-se os seguintes: METCUT, nos Estados Unidos; o INFOS, na Alemanha; o CINFUS, no Brasil (Stemmer, 2001). De forma semelhante à formação dos bancos de dados de usinagem, são geradas as tabelas de dados de corte recomendados pelos fabricantes de ferramentas, embutidas em seus catálogos de produtos (Sandvik, 2002). Os catálogos de fabricantes de ferramenta têm sido a fonte predominante dos dados de corte nas indústrias, devido a sua facilidade de uso, disponibilidade e boa representatividade das informações para fins de aplicação prática.

Entre outras considerações nos planejamentos de processos, estão o roteamento das operações e a determinação do sobrematerial de usinagem. Esses dois aspectos são difíceis de serem determinados com precisão, sendo que neste caso o aspecto heurístico passa a ser relevante. Neste sentido, são encontradas na literatura (Wang, 1991) tabelas empíricas de rotas de operações e de sobremateriais de usinagem para diferentes processos, em função de tolerâncias dimensionais e de rugosidade superficial admissíveis para as peças a serem usinadas.

3. SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO E CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA COMPUTACIONAL

3.1. Identificação e análise das *features* contidas no software FeatCAD-2D

As *features* inseridas no sistema FeatCAD-2D representam entidades geométricas (formas e dimensões) e tecnológicas (material, tolerâncias) passíveis de serem usinadas em processos de torneamento. A Fig. (2) apresenta essas *features*.

O FeatCAD-2D executa o processamento automático dos percursos das ferramentas gerando o respectivo programa CNC. No entanto, esse software não executa a seleção das ferramentas e suas condições de usinagem, ficando essa tarefa para o sistema especialista que está sendo usado neste trabalho, no caso o software KAPPA PC 2.3, configurado conforme o modelo que está sendo proposto neste trabalho.

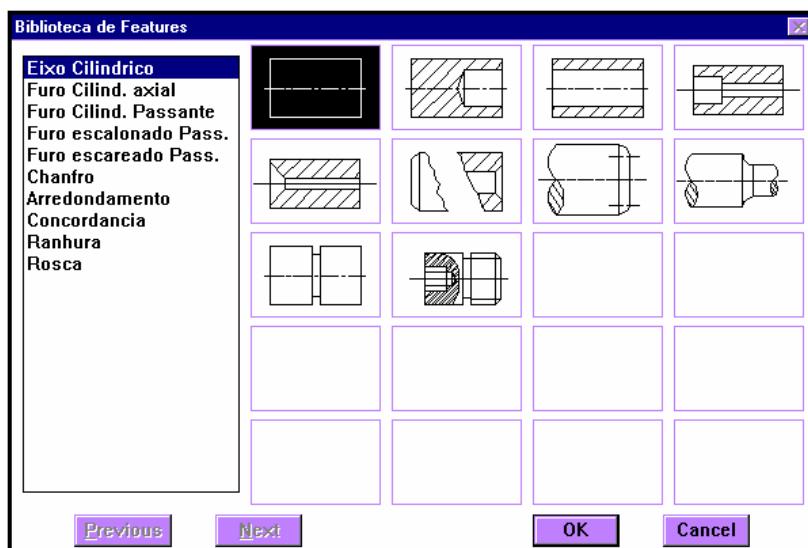


Figura 2. *Features* contidas no software FeatCAD-2D (Maziero et al, 2000)

Esse modelo utiliza como entrada de dados as características que acompanham as *features* e que são emitidas na forma de planilha do Excel pelo FeatCAD-2D. Essas características representam slots onde estão atribuídos os valores próprios de cada situação de torneamento, ou seja, de cada *feature* que está sendo considerada na usinagem. A Tab. (1) mostra a matriz que representa o modelo de planilha que serve de entrada de dados para o sistema especialista.

Tabela 1. Arquitetura de entrada de dados no sistema especialista.

	A	B	C	D	E	F
1	1A	1B	1C	1D	1E	
2	2A	2B	2C	2D	2E	2F
3	3A					
4	4A	4B	4C			

Os valores característicos dos diferentes slots (células da Tab. (1)) configurados para o modelo proposto são os seguintes:

- Valores do slot 1A (Tipo de feature): eixo cilíndrico; furo cilíndrico axial; furo cilíndrico passante; furo escalonado passante; furo escareado passante; chanfro; arredondamento; concordância; ranhura e rosca.
- Valores do slot 1B (Tipo de material): aço; ferro fundido.
- Valores do slot 1C (Rugosidade – em μm): 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,5; 6,3.
- Valores do slot 1D (Tipo de aço – AISI): 1020; 1045; 1060; 8620; 4140; 52100; D3; HNV3.
- Valores do slot 1E (Tipo de ferro fundido – DIN): GTS-35; GTS-45; GTS-52; GG-15; GG-25; GGG-40; GGG-60.
- Valores do slot 2A (Tipo de furação): broca; mandril.
- Valores do slot 2B (Tipo de broca): inteira; de inserto.
- Valores do slot 2C (Tipo de haste): cilíndrica.
- Valores do slot 2D (Modo de refrigeração): interna; externa.
- Valores do slot 2E (Diâmetro do furo – em mm): 3.00; 5.00; 10.00; 12.00; 14.00 (para furos escareados passantes); 3.00; 5.00; 10.00; 12.00; 14.00; 16.00; 18.00; 20.00; 26.00; 32.00; 40.00; 50.00 (para os demais furos);
- Valores do slot 2F (Diâmetro do pré-furo – em mm): 0.00; 2.00; 3.00; 4.00; 5.00; 6.00; 8.00; 10.00; 12.00; 14.00; 16.00; 18.00; 20.00; 30.00; 40.00.
- Valores do slot 3A (Espessura do bedame – em mm): 2.00; 3.00; 4.00; 5.00; 6.00.
- Valores do slot 4A (Tipo de rosca): métrica; whitworth.
- Valores do slot 4B (Passo da rosca métrica – em mm): 1.00; 1.25; 1.50; 1.75; 2.00.
- Valores do slot 4C (Passo da rosca whitworth – em fpp): 26.00; 20.00; 16.00; 14.00; 12.00.

3.2. Pesquisa por informações de ferramentas, portas-ferramentas e dados de corte

A partir das *features* selecionadas e analisadas, foi feita uma pesquisa por ferramentas em catálogos de fabricantes (Sandvik, 2002), em número suficiente que representasse um modelo funcional de seleção automática e que simulasse os recursos de ferramental de uma pequena empresa. Juntamente com cada uma dessas ferramentas eram catalogadas as respectivas condições de corte para a usinagem de aços e ferros fundidos, considerando as informações técnicas associadas as *features*, como rugosidade superficial e tipo de operação (desbaste, usinagem média ou acabamento). Assim, foram inseridas as seguintes informações no banco de dados do sistema especialista:

- Para as *features* eixo cilíndrico, chanfro, arredondamento e concordância foram cadastrados 10 tipos de pastilhas e 3 tipos de porta-ferramentas para fins da operação de torneamento geral.
- Para as *features* furo cilíndrico axial, furo cilíndrico passante, furo escalonado passante e furo escareado passante foram cadastrados 38 tipos de brocas inteiriças de metal duro, 13 tipos de pastilhas e 8 portas-ferramentas para fins da operação de furação no eixo de rotação da peça.
- Para a *feature* ranhura foram cadastrados 5 tipos de pastilhas e 5 tipos de porta-ferramentas (bedames) para fins da operação de ranhuramento.
- Para a *feature* rosca foram cadastrados 10 tipos de pastilhas e 1 tipo de porta-ferramentas para fins de fabricação de roscas métrica e whitworth.

3.3. Elaboração de regras do conhecimento para seleção de ferramentas

Após a coleta das informações de ferramentas, portas-ferramentas e dados de corte em catálogos, essas foram classificadas e estruturadas na forma de árvore hierárquica, conforme apresentada parcialmente na Fig. (3). Essa estruturação serviu de base para a elaboração das regras de decisão que, por sua vez, proporcionam a seleção automática em questão.

A implantação das regras no sistema especialista não se caracterizou por uma ação individualizada, mas envolveu uma série de preparativos, configuração e desenvolvimento de

funções e de interfaces de acordo com a sintaxe, estruturação e funcionamento desse sistema computacional.

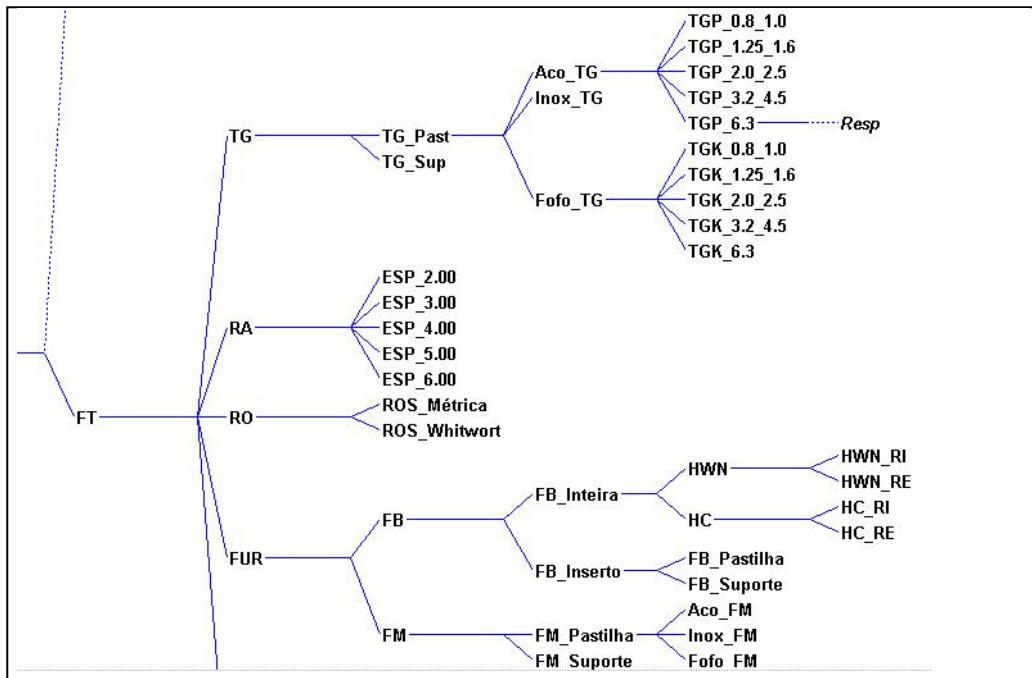


Figura 3. Parte da árvore de procura de soluções

Dispondo-se das informações das ferramentas devidamente inseridas em banco de dados, e com a árvore de procura de ferramentas e de suas condições de corte já estruturada, passou-se à estruturação do conhecimento na forma de regras procedurais para posterior inserção das mesmas na base de conhecimento do sistema especialista. No presente modelo foram desenvolvidas 565 regras.

3.4. Cálculo de potência

O presente modelo apresenta duas equações para o cálculo da potência necessária pelo motor da máquina.

A primeira delas, representada pela Eq. (1), foi adotada para as operações de torneamento geral das seguintes features: eixo cilíndrico, chanfro, arredondamento, concordância, ranhura e rosca., e também para o mandrilamento de furos.

$$P_m = \frac{Vc \cdot ap \cdot fn \cdot k_{c0.4}}{60000 \cdot \eta} \cdot \left[\frac{0.4}{fn \cdot \operatorname{sen} \kappa_r} \right]^{0.29} \quad (1)$$

onde:

P_m : potência do motor (kW)

Vc : velocidade de corte (m/min)

ap : profundidade de corte (mm)

fn : avanço (mm/rot)

$k_{c0.4}$: pressão específica de corte do material, para espessura do cavaco de 0,4 mm (N/mm^2)

κ_r : ângulo de posição do gume principal (graus)

η : rendimento da máquina (%)

Para as operações de furação que envolve as features furo cilíndrico axial, furo cilíndrico passante, furo escalonado passante e furo escareado passante, foi utilizada a Eq. (2) para o cálculo da potência de acionamento da máquina.

$$P_m = \frac{Vc \cdot k_{s1} \cdot (D - d)}{60000 \cdot \eta \cdot \operatorname{sen} \kappa_r} \cdot \left(\frac{f_n \cdot \operatorname{sen} \kappa_r}{2} \right)^{1-z} \quad (2)$$

onde:

D : diâmetro final do furo

d : diâmetro do pré furo

k_{s1} : pressão específica de corte do material, segundo Kienzle (N/mm^2)

$1-z$: expoente da Eq. de Kienzle (Diniz et al, 2001).

3.5. Determinação de rotas de processos e sobrematerial de usinagem

Para o torneamento da feature eixo cilíndrico e para o mandrilamento de furo cilíndrico axial o modelo desenvolvido determina automaticamente o roteamento das operações e o sobrematerial necessário para a operação a ser realizada. Para isso, as regras são baseadas em valores empíricos tabelados (Wang, 1991), além das informações contidas na planilha do Excel geradas pelo programa FeatCAD-2D.

4. RESULTADOS E FUNCIONAMENTO DO MODELO

Como resultado do presente trabalho, tem-se um sistema especialista configurado para apresentar soluções quanto à seleção de ferramentas de corte e seus suportes, disponibilidade de potência, rotas de processos e sobrematerial de usinagem, tomando por base um banco de dados fornecidos por um determinado usuário. Conforme já mencionado, esses dois últimos tipos de solução (rotas e sobrematerial) foram implementados no presente modelo apenas para as features eixo cilíndrico e furo cilíndrico axial.

O modelo apresenta para o usuário apenas duas telas de interação durante uma atividade de seleção automática. De resto, o processamento ocorre com as informações intrínsecas ao sistema, ou seja, aquelas alimentadas pelo FeatCAD-2D na forma de planilha do Excel (Fig. (4)) e as informação e que estão na base de conhecimento do sistema especialista, tanto na forma de regras de decisão quanto na forma de atributos e valores. O significado do conteúdo de cada células da planilha da Fig. (4) está descrito na seção 3.1, logo após a Tab. (1).

	A	B	C	D	E	F
1	Eixo_cilindrico	Aço		0,8 Aço_1045		
2	Mandril	Inteira	Cilindrica	Externa	10.00	0.0
3	4.00					
4	Whitworth_55	1.75	12.00			
5						

Figura 4. Formato de saída de dados do FeatCAD-2D e entrada no sistema especialista

A primeira tela representa o início do processamento e a apresentação do seu resultado (entrada e saída), enquanto que a segunda tela serve para o usuário informar a potência disponível e o rendimento da máquina que será usada no torneamento em questão (opções muito variáveis nas empresas). A Fig. (5) apresenta uma tela de entrada/saída relativo ao processamento de uma feature tipo eixo cilíndrico.

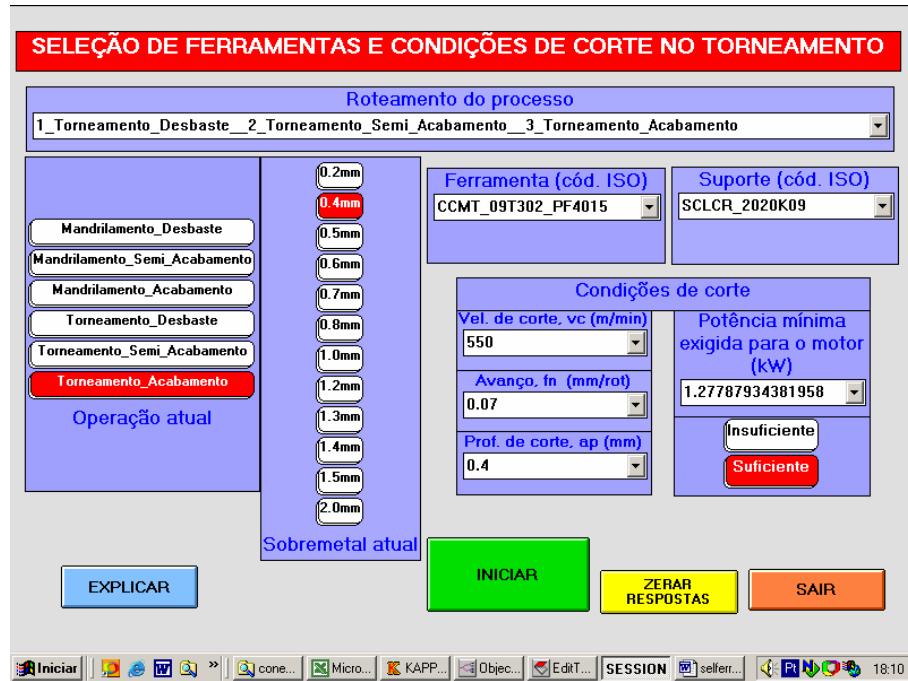


Figura 5. Tela de entrada/saída para torneamento da feature eixo cilíndrico

Observa-se na Fig. (5) a presença de quatro botões. Ao acionar o botão ZERAR RESPOSTAS todas as informações contidas na memória de trabalho são zeradas e o programa está pronto para novo processamento. Para isso, o usuário aciona o botão INICIAR e a segunda tela (Fig. (6)) será aberta. Após informar os valores de potência e de rendimento da máquina, o usuário aciona o botão CONTINUA e será apresentado o resultado da seleção automática.

Pode-se observar ainda, na Fig. (5), os botões EXPLICAR e SAIR. Através do primeiro é possível obter informações a respeito dos valores envolvidos no processamento e das regras que os produziram, enquanto que o segundo efetua a ação de fechamento do programa computacional.

Na Fig. (6) está representada a tela que serve para informar a potência e o rendimento da máquina que será usada naquela ocasião.

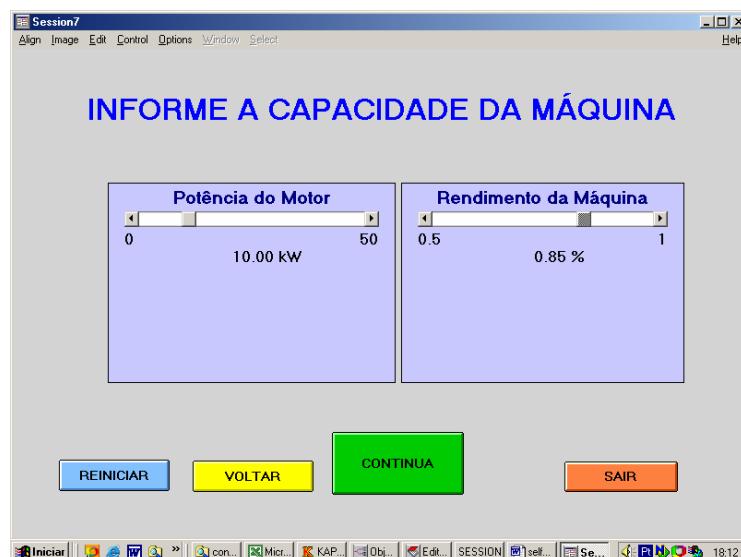


Figura 6. Tela para informação de potência e rendimento de máquina

Pode-se ver na Fig. (6) os recursos de retorno a tela inicial, através do botão VOLTAR e a opção de reiniciar o processamento clicando no botão REINICIAR.

Para diferentes features as respectivas telas de entrada/saída apresentam formatos compatíveis com as informações próprias de cada uma. Assim sendo, por exemplo, pode-se observar na Fig. (7) relativa a uma operação de roscagem (feature Rosca), a presença de informação específica como número de passes de corte e a ausência de rota ou de sobrematerial de usinagem, quando comparada com a Fig. (5).

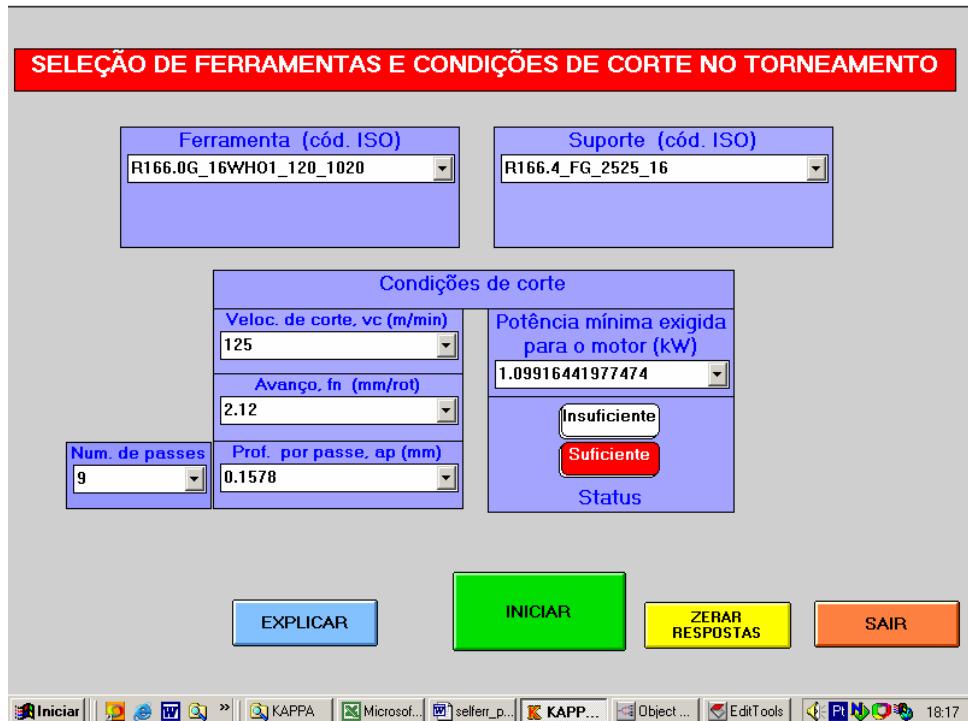


Figura 7. Tela de entrada/saída relativo a feature Rosca

De forma similar, outras telas relativas às demais features estão disponibilizadas no programa computacional, porém para evitar um texto repetitivo e mais extenso serão omitidas de apresentação neste trabalho.

5. CONCLUSÕES

No presente trabalho foi desenvolvido um modelo de configuração de um sistema especialista através de formulações customizadas de regras do conhecimento e de uma base de dados, além do interfaceamento desse com um sistema CAM de baixo custo e de atuação conjunta em uma única plataforma computacional. Como resultado do processamento de cada situação particular de usinagem, são apresentadas numa tela as soluções da seleção em termos de: ferramentas, portas-ferramentas, condições de corte, potência necessária, rotas de operações e sobrematerial de usinagem. Assim, o presente modelo fornece informações imprescindíveis para a preparação da produção, particularmente para as folhas de processos de torneamento, o que representa uma facilidade à elaboração do planejamento de processos (folhas de processos) e uma iniciativa à implementação de sistema CAPP.

O modelo representa uma contribuição para empresas de pequeno porte tornarem-se mais competitivas, uma vez que possibilita a automatização e otimização do processo de torneamento com base nos recursos de produção disponíveis em cada uma (ferramentas, portas-ferramentas, máquinas, etc.) e através do auxílio de uma ferramenta computacional de baixo custo para a tomada de decisões tecnológicas (sistema especialista). Essa automatização e otimização estão representadas nas soluções geradas de forma sistematizada pelo sistema especialista, a partir de uma base de conhecimento previamente elaborada de forma customizada, elaboração essa que pode ser feita pelos próprios engenheiros das empresas com base neste modelo.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade de Passo Fundo pelo apoio ao projeto de pesquisa e à FAPERGS pelo suporte financeiro na forma de bolsa de Iniciação Científica.

7. REFERÊNCIAS.

- Diniz, A.E.; Marcondes, F.C.; Coppini, N.L., 2001, “Tecnologia da Usinagem dos Materiais”, Artliber Editora, São Paulo, Brasil, 244 p.
- Maribondo, J.F., 2000, “Desenvolvimento de uma Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares, Aplicada a Unidades de Processamento de Resíduos Sólidos Domiciliares”, Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Maziero, N.L.; Ferreira, J.C.E.; Pacheco, F.S; Prim, M.F, 2000, “A Feature-based Object-oriented Expert System to Model and Support Product Design”, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Science, Vol. 22, No. 4, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 523-543.
- Maziero, N.L., 1998, “Um Sistema Computacional Inteligente de Suporte ao Projeto, Manufatura e Montagem de Peças Baseado em *Features*: Uma Abordagem com Sistemas Especialistas”, Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Pande, S.S., Dessai, V.S. 1995, “Expert CAPP System for Single Spindle Automats”, International Journal Production Research, Vol. 33, No. 3, London, UK, pp. 819-833.
- Rezende, D. F., 1996, “Planejamento de Processos de Fabricação Assistido por Computador Através de um Sistema Especialista Baseado na Tecnologia de *Features*: Um Modelo de Desenvolvimento Voltado para a Realidade Industrial”, Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Sandvik Coromant, 2002, “Ferramentas para Torneamento”, Suécia, Catálogo.
- Shah, J.J.; Rogers, M.T., 1988, “Feature-based Modelling Shell: Design and Implementation”, Proceedings of ASME Computers in Engineering Conference, July.
- Stemmer, C.E., 2001, “Ferramentas de Corte I”, Editora da UFSC, Florianópolis, Brasil, 249 p.
- Wang, H.P., Li, J.K., 1991, “Computer-Aided Process Planning”, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 336p.

MODEL OF AUTOMATIC SELECTION OF TOOLS AND OF CUTTING CONDITIONS IN TURNING FOR APPLICATION IN SMALL COMPANIES

Abstract. This work intends to increase the degree of automation of a simplified system of a computer aided process planning (CAPP) that uses the features technology for the generation of tools paths in turning operations. At the same time, this work intends to facilitate and to optimize the tools and cutting conditions selection task, mainly in small size factories where the application of the machining technology is unusual or difficult. For those purposes, the systematization and application of the knowledge in the turning domain are done, configuring an Expert System software where the information about the features of the pieces is supplied by the CAPP software. So, through the inference mechanism performed by the Expert System and in collaboration of a knowledge base that manages information concerning all the manufacturing resources of a specific firm, this software supplies the most appropriate results of tools, tool-holders, routings, cutting speeds, feeds, operational dimensions, and power requirements.

Keywords: turning tools, cutting conditions, automatic selection, CAPP.