



V CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
V NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 22 de agosto de 2008 – Salvador – Bahia - Brasil
August 18 – 21, 2008 - Salvador – Bahia – Brazil

SISTEMA VARIANTE PARA SELEÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTA

Josef Falcon Magalhães, josefmagalhaes@gmail.com¹
Dalberto Dias da Costa, dalberto@ufpr.br¹

¹Universidade Federal do Paraná, DEMECAv. Cel. Francisco H. dos Santos, 210, CEP 81531-990, Curitiba

Resumo: A seleção automática de máquinas-ferramentas ainda é um problema não resolvido. Apesar do avanço das tecnologias CAM (Computer-Aided Manufacturing) a intervenção humana ainda é necessária. Em muitos casos, estes sistemas são modulares e dedicados a processos específicos de manufatura, tais como o fresamento, torneamento, injeção plástica, etc. A escolha de um destes módulos fica sempre a cargo de um planejador (processista) humano. O propósito deste trabalho é apresentar uma metodologia que contemple a problemática da seleção de máquinas-ferramenta. A estratégia principal adotada aqui foi baseada em regras de produção (tipo “IFTHEN” – “SE-ENTÃO”) formatadas como cláusulas SQL para integrar duas bases de dados relacionais. A primeira base de dados contém a representação geométrica parametrizada de um grupo de features de usinagem. A segunda engloba a descrição geométrica e cinemática de máquinas-ferramentas. A principal conclusão foi que o uso de regras de produção embutidas em cláusulas SQL são ferramentas flexíveis de programação que permitem a implementação de atualização de um sistema CAPP variante para a seleção de máquinas-ferramenta.

Palavras-chave: CAPP variante, seleção de máquinas-ferramenta, base de dados de máquinas-ferramentas.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento de processos é a ligação entre o projeto, o planejamento da produção e o chão-de-fábrica. As funções do planejamento de processos, por exemplo, são selecionar e definir processos a serem executados em uma peça de maneira econômica, de acordo com as especificações de projeto, verificando as condições de venda (como volume de vendas e prazos).

As características do planejamento de processo convencional, que dependem da experiência do processista, resultam em problemas que podem ser resolvidos pela aplicação do computador. As informações produzidas pelo planejamento de processos auxiliado por computador (CAPP) tornam-se padronizadas, eliminando-se a inconsistência de planos obtidos por processistas diferentes. A qualidade da documentação enviada ao chão-de-fábrica eleva-se também, garantindo o domínio do processo. Na literatura especializada (Alting, Zhang, 1989), encontra-se dois tipos de abordagem diferentes para construção de CAPP: planejamento variante; planejamento generativo automático.

Dentro deste panorama, a seleção de máquinas-ferramenta é uma atividade de suma importância, porém tem sido pouco estudada. O problema em questão é, dado o modelo do produto, quais as máquinas-ferramenta podem ser utilizadas para sua usinagem. Esse problema pode ser expandido caso o planejador tenha que selecionar máquinas em um acervo muito grande, por exemplo, disponíveis em uma rede local de fornecedores, ou até mesmo desconhecidas. E também tendo em vista novas máquinas-multitarefa que não seguem uma nomenclatura formal.

Este trabalho se justifica quando a seleção de máquinas-ferramenta se tornar um meio pelo qual um planejador pode encontrar uma máquina, dentro de um grande parque como grupo de empresas prestadoras de serviços. De um modo geral, pode-se considerar que a máquina-ferramenta seria capaz de prover o serviço, pois a máquina representa o item mais dispendioso, quando comparados com outros recursos como: dispositivos de fixação e ferramentas de corte. O objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema que auxilie o planejador de processos na seleção de máquinas-ferramenta para uma dada operação de usinagem.

Esta introdução contextualizou, de forma geral, o planejamento de processos, importância e objetivo deste trabalho. Apresenta-se a seguir, uma breve revisão sobre seleção de máquinas-ferramenta no contexto do planejamento de processos. A metodologia para o desenvolvimento do sistema pretendido é apresentada na terceira seção. Os resultados alcançados até o presente e uma proposta para implementação também são apresentados e seguidos pelas conclusões e referências utilizadas neste texto.

2. SELEÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTA

Com o advento do computador o planejamento de processos se tornou uma das maiores áreas de aplicação, tanto no armazenamento de dados (Logística e Controle) quanto na utilização de novas tecnologias computacionais (CAD/CAM). Com o surgimento das primeiras aplicações no início da década de 70 com o CAM-I (Alting, Zhang, 1989), que propunha um CAPP variante. Após décadas firmemente se fixaram duas grandes linhas de pensamento sobre a visão dos CAPP.

A primeira propõe um sistema generativo, ou seja, geraria todo o plano de processo somente com informações mínimas e sem nenhuma intervenção humana. O principal suporte teórico para seu desenvolvimento surgiu com o advento dos sistemas especialistas (SE) (Zhang, Alting, 1994). Do ponto de vista estrutura, um sistema especialista se distingue de um sistema de informações convencional pela separação entre o mecanismo de inferência e a base de conhecimentos. Do ponto de vista funcional, eles se caracterizam por serem dedicados à solução de domínios bem definidos. Quanto ao comportamento, observa-se que o fluxo de informações é sempre dinâmico e muda em função da disponibilidade e precisão dos dados de entrada, o que contrasta com os sistemas convencionais que sempre processa da mesma forma.

Como estes sistemas são fundamentados em conhecimentos, várias propostas têm sido reportadas na literatura especializada, relativas à representação do conhecimento. Uma proposta relativamente simples são as regras de produção, ou também denominadas SE-ENTÃO. Isto também pode ser interpretado como “SE determinada premissa é verdadeira, ENTÃO uma ação deve ser executada”. O principal problema com esse tipo de representação é a fragmentação do conhecimento representado. Isto pode conduzir a uma inferência demasiadamente longa e não conclusiva. Geralmente os sistemas assim implementados demandam a existência de meta-regras, isto é regras que controlam o uso das demais.

Independente da linha de pensamento adotada, um sistema para planejamento para usinagem pressupõe o cumprimento das seguintes tarefas: seleção da máquina, dos dispositivos de fixação, das ferramentas e das condições de corte. A seleção da máquina é uma etapa importante devido elevado valor associado à mesma e também pela dificuldade em alterar essa escolha após o planejamento.

Entretanto, essa etapa tem sido pouco pesquisada. De um modo geral, o que se observa é um pré-direcionamento dos sistemas desenvolvidos, isto é, são sistemas modulares dedicados ao determinado tipo de usinagem, como por exemplo, o torneamento, o fresamento e a retificação. Poucos trabalhos têm sido reportados como o objetivo de relacionar o modelo do componente com a estrutura da máquina ferramentas. Exceções são os trabalhos de Peklenik (1989) e Dhande (1995).

Com o advento dos sistemas de auxílio ao desenho de engenharia, os softwares computacionais CAD passaram a utilizar de um recurso para modelagem de um componente a partir de formas pré-definidas chamadas de features. Features são características de um conjunto de informações geométrica, topológicas e tecnológicas, que podem ser copiadas de um modelo sólido para outro, ou estruturas que podem ser encontradas em determinada família de componentes (Sudarsan, ET AL, 2005). As features de usinagem são utilizadas pra generalizar certas operações como é o caso da norma ISO 14649, também conhecido como STEPNC.

A própria norma STEPNC (ISO-14649, 2002) ainda provoca discussões, mas trouxe mais uns dos problemas da manufatura: o armazenamento de técnicas. Ou seja, como armazenar conhecimento para produzir certa geometria. Esta ciência cognitiva entra nos ramos da aplicação da inteligência artificial através de uma sintaxe de nível mais baixo para análise a tomada de decisão, automação de processos, diagnóstico de problemas e estimativas mais complicadas. Estas técnicas também são chamadas de regras de produção (Kumar, Singh, 2007).

A grande vantagem do uso de features para sistemas CAPP está na sua pré-classificação, tal como proposto na norma ISO 14649-12. Essa pré-classificação é baseada nos processos de usinagem, tais como o torneamento, o fresamento e a eletroerosão. Implicitamente, isto indica que um determinado tipo de máquina também esteja pré-selecionado.

A utilização de sistemas especialistas baseados em regras de produção em conjunto com a representação geométrica a partir de features vem sendo apontada como uma associação vantajosa para o desenvolvimento de sistemas para planejamento (Adamczyk, 2000; Sudarsan, et al, 2005; Kumar, Sing, 2007; Zhou, et al, 2007). Na metodologia descrita a seguir isto vai ser empregado, porém direcionado ao problema da seleção de máquinas-ferramentas.

3. METODOLOGIA

Como apresentado no tópico anterior, os sistemas para planejamento denominados variantes são, em grande parte, baseados em tecnologia de grupo e atuam estritamente como sistemas de apoio à decisão. Nesta proposta, objetiva-se também a construção de um sistema para apoio à seleção de máquinas. Entretanto, ao invés de estar fundamentada nos conceitos da TG, a metodologia descrita a seguir baseia-se no uso de features de usinagem.

Apesar de parecerem conceitos muito diferentes, pois a TG é, em essência, o agrupamento de componentes similares e as features representarem o oposto, ou seja a fragmentação do componente, existem certas semelhanças, o que permite afirmar que a proposta deste trabalho possa ser considerada como um sistema variante para seleção de máquinas-ferramenta.

Esta possibilidade de fragmentação existente no planejamento baseado em features é inerente à usinagem, pois enquanto processo de remoção torna-se possível a fabricação de um único componente em diversas etapas, também denominadas “operações”. Dessa forma, defende-se aqui a existência de uma correspondência direta entre features e operações de usinagem.

Na atual definição apresentada nas normas STEP 10303 (224) e STEP-NC 14649, as features são apresentadas na forma parametrizada, isto é, o que importa é a geometria e a topologia, sendo que as dimensões variam de acordo no dimensionamento do componente, dentro da faixa estipulada durante a criação da mesma.

Dessa forma, torna-se razoável supor que o conceito de features represente um conjunto (família) de entidades geométricas com a mesma organização espacial (topologia), mas, que podem ser dissimilares em dimensões, o que praticamente se assemelha ao conceito de TG.

Dentro deste escopo, a proposição a ser apresentada e defendida neste trabalho é que existe pelo menos uma classe de máquinas cuja cinemática seja suficiente para usinar uma dada feature. Uma vez identificada essa classe, deve-se passar à identificação de qual modelo de máquina, dentro dessa classe, atende às exigências impostas por uma feature em particular, diferenciada por suas dimensões e tolerâncias.

3.1. Escopo e Estrutura do Sistema

A figura 1 contém uma representação esquemática desse sistema. O que é denominado de “camada de modelagem” refere-se à definição da inferência e estruturação do conhecimento e deve ser definida em tempo de projeto e deve permanecer imutável e independente da quantidade e qualidade do conhecimento a ser inserido.

A segunda camada é propícia o tempo de manutenção e contém os recursos necessários à aquisição do conhecimento. Em outras palavras, ela contém a interface entre o sistema e o especialista humano, propiciando ao mesmo a inclusão de features, máquinas e regras de produção.

A interface com o usuário final é definida na terceira camada, a qual caracteriza o tempo de execução do sistema. É a partir dessa camada que o mecanismo de inferência é disparado, após o dimensionamento, pelo usuário, da feature a ser usinada.

O conhecimento adquirido do especialista é armazenado em três bases: features, máquinas e regras. Essas são, em tempo de execução, gerenciadas pelo mecanismo de inferência, o qual ainda controla a interface com o usuário final.

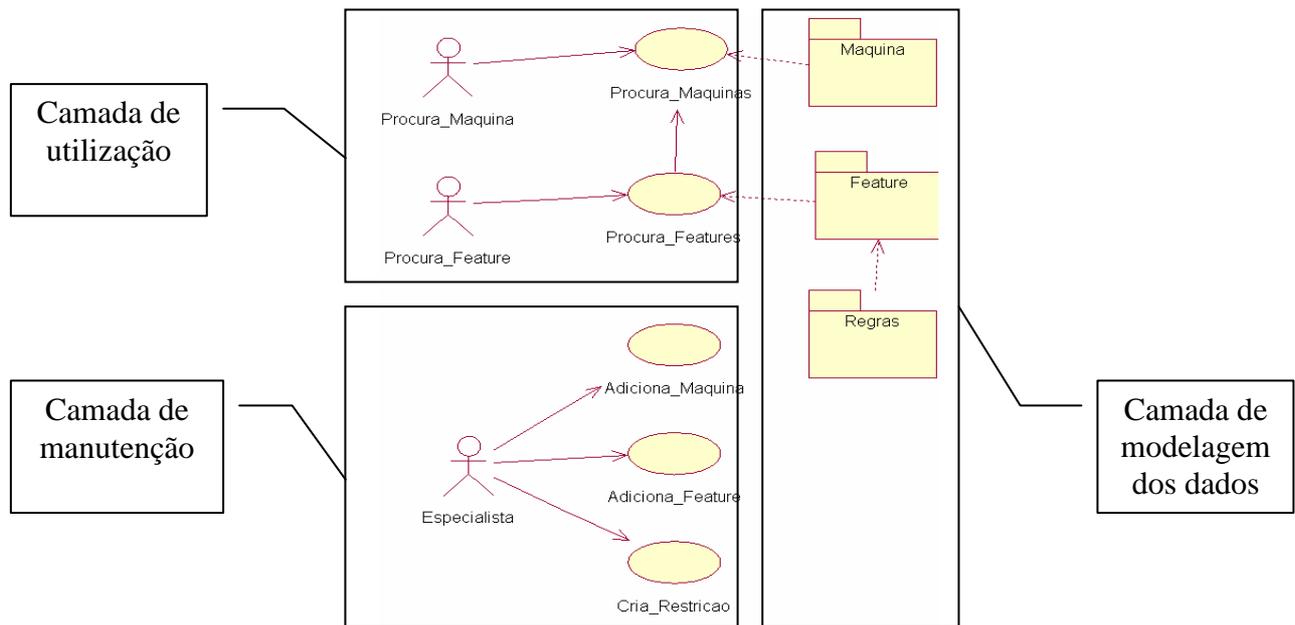


Figura 1 - Casos de uso da implementação proposta

Em primeiro instante consideraram-se as possibilidades de cada um das classes de objetos no contexto, totalizando três: As máquinas-ferramentas, as features e as regras. Como objetos cada uma delas possui atributos e métodos. Os métodos fazem parte da camada lógica do projeto, e, apesar de estarem ligados aos objetos diretamente, dificilmente pode-se armazená-los em uma base de dados sem uma sintaxe específica.

Devido a isto, se concentrou nos atributos principais de cada objeto, a figura 2 concatena a explicação a seguir:

Máquinas-ferramenta de atributos divididos em nomenclatura formal: Operação, tipo, marca/modelo; representação cinemática: direção de corte, avanço e posicionamento; representação geométrica: capacidades de massa/volume, potência, e faixas operacionais, sua inserção no sistema por um especialista;

Features de manufatura com atributos gerais: nomenclatura formal: nome da feature; cinemática derivada: eixo de direção de avanço, eixo de posicionamento, eixo de geração; Durante a etapa ou camada de manutenção, o especialista, modelaria a feature em um sistema CAD comum e destacaria as dimensões relevantes da feature através de uma classificação distintiva qualquer (por exemplo: dimensão A, B e C), que, mais tarde teriam relação indireta com os eixos da máquina através das regras. Os eixos de trabalho também teriam suas propriedades preenchidas pelo processista especialista, porém estas teriam relação direta com os eixos da(s) máquina(s) capaz(es). A feature desenhada em qualquer modelador pode ser inserida, mais tarde e o sistema abriria possibilidade de inserir as cotas nomeadas e os eixos.

Regras seriam o mais intrínseco dos conceitos lógicos, pois armazenaria os métodos que ligam as máquinas às features, podendo dividir em identificador da feature, identificador da máquina, e a regra correspondente to tipo IF-THEN conforme (Rapahael, Smith, 2003).

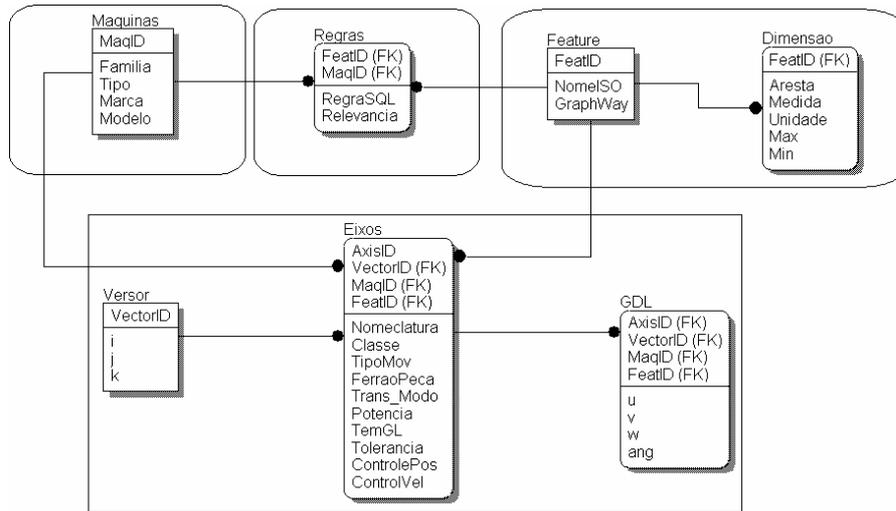


Figura 2 - Representação esquemática dos dados e relacionamentos.

Além disso, o conceito de caixa envoltória (CE) também é proposto como sendo um elemento de agrupamento de features. Neste contexto, a caixa envoltória é entendida como sendo o menor cilindro ou paralelepípedo que pode envolver o componente, cujo contém as features, a ser usinado. Pode-se considerar como a forma da melhor envoltória mínima (Bounding Box), porém aplicando o conceito a peças cilíndricas também: Mínimo Bloco tipo paralelepípedo; Mínimo Cilindro (em barra); Outra não especificada deve ser inserida por um especialista.

A finalidade aqui não é representar um método de CSG (Constructive Solid Geometry) para features, mas sim, obter referências de posicionamento relativo da peça. De maneira quase independente da cinemática, este bloco representa como fixar a feature em relação à máquina e limitar segundo o tamanho do componente a ser usinado. O conceito de feature de usinagem a partir da norma ISO 14649, não implica que esta proposta seja aderente à mesma, mas sim baseada nas features propostas. Entretanto, isto não sugere a necessidade de uma representação duplicada da mesma feature, pois, como será abordado na inferência, esse acoplamento “feature-CE” é feito pelo usuário final.

O modelo cinemático da máquina-ferramenta aqui utilizado pode ser considerado como um conjunto de versores que correspondem a cada eixo cartesiano, junto com suas respectivas rotações e referenciado com a máquina ou a peça. Máquinas que possuem simples faixas de operações, limitadas por alguma funcionalidade operacional, são representadas com faixas cobertas de valores e suas propriedades cinemáticas replicadas para cada faixa operacional.

Seguindo esta linha de pensamento de versores, a feature deve ser associada àquela máquina através destes eixos cinemáticos. Do mesmo modo a feature aponta para os eixos de cartesianos e suas respectivas rotações, definindo se a feature se movimenta em relação à ferramenta ou a peça. Idem para versores de posicionamento e avanço conforme figura 3.

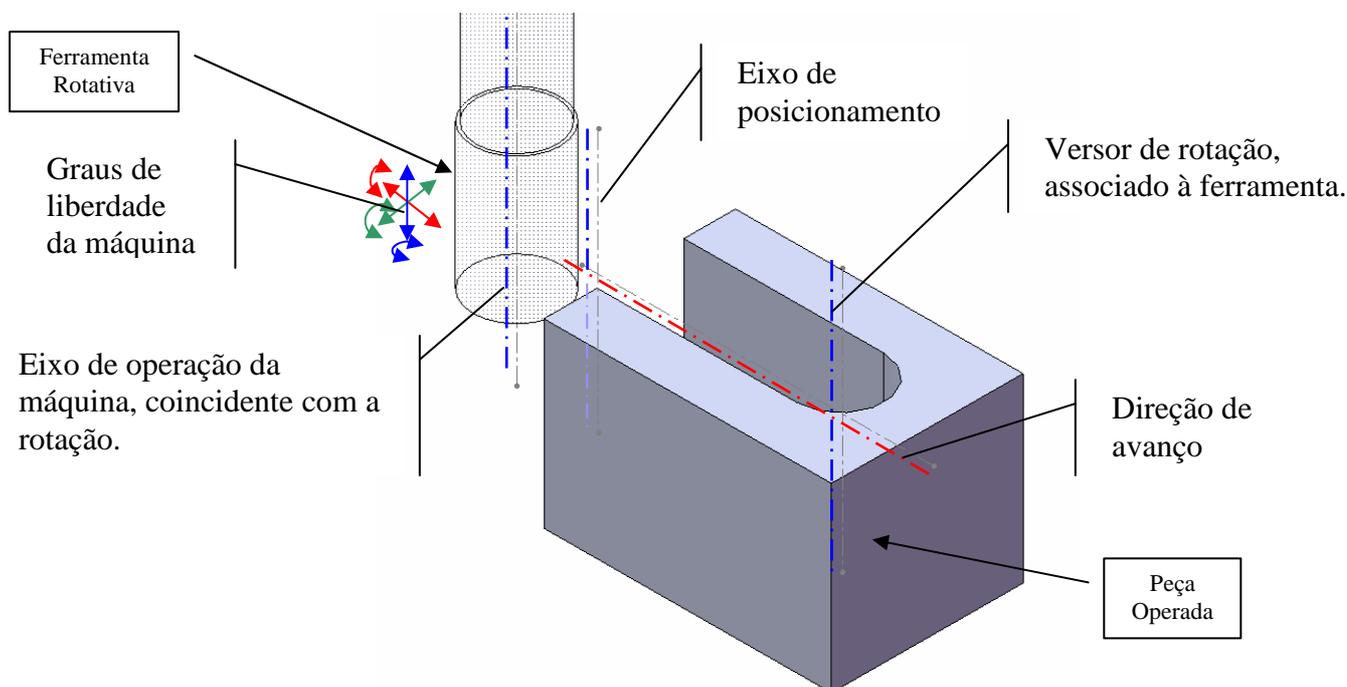


Figura 3 – Exemplo de visualização da cinemática da máquina-ferramenta necessária à usinagem da feature.

Uma opção viável seria a que o usuário final do sistema consiga visualizar os dados de maneira a preencher com as informações necessárias à busca, com o uso mínimo de alguma semântica. Informando apenas medidas e suas tolerâncias e, eventualmente, alguma preferência não-específica de busca das máquinas (como por exemplo, máquinas-ferramentas que possam executar todas as operações com uma única fixação – ou máquinas-multitarefa).

Em algumas features, os eixos de avanço não são lineares, porém é possível uma representação em forma de versor, tomando como referência o primeiro vetor de avanço. Então há necessidade de definir o tipo de movimento (linear, curvilíneo, “spline”) ou a possibilidade de controle de posicionamento automático (segundo as tolerâncias da máquina e feature, que seria repassado na forma de regra de produção). A definição da direção de corte seria através do versor e a indicação se a rotação se encontra na peça ou ferramenta. Com os pares de versores da máquina e feature coincidirem, as tolerâncias seriam testadas, mais uma vez reduzindo o universo de busca através da exclusão do grupo não capaz.

3.2. Inferência

Conforme já visto, as regras do tipo “IF-THEN” de um planejamento de processo podem ser seqüencialmente executadas até que a última finalize a pesquisa. Para uma seqüência de regras imposta pelo usuário, se torna penoso repetir seqüências iguais ou próximas (que possuam regras recíprocas). Para tanto, as ferramentas da base de dados permitem interseccionar regras, subtrair e adicionar, exaustivamente até a conclusão da pesquisa. Dentre as metodologias de pesquisa em base de dados, a mais utilizada é a SQL (ISO 9075, 1992). Sua versatilidade permite o que chamamos de reciprocidade ou em termos técnicos “Sub query”. Esta habilidade de reciprocidade permite reutilizar regras de pesquisas em outra base, ou até mesmo da mesma base de dados. Em exemplo pode-se imaginar um sistema de pesquisa para pesquisar dados dentro de outro sistema de pesquisas, porém fazendo-se necessária a comparação de dados do mesmo tipo.

Dentro de uma requisição SQL pode existir outra (recursividade), porém não perceptível como SQL, mas sim como regra de produção. Ou seja, ao solicitar certa feature é possível chamar todas as regras referentes a esta, preenchendo seus parâmetros sucessivamente. O processista não tem acesso direto às regras, somente a sua elaboração, ligando as propriedades das features às propriedades das máquinas. Mais tarde o sistema é capaz de recriar estas regras, porém com as restrições impostas pelo usuário final do sistema. A montagem das restrições ficam armazenadas em uma classe “regra” conforme o diagrama da figura 1 e figura 2. Uma vez recuperado este objeto, a regra é remontada com os parâmetros quantitativos da feature especificado pelo usuário final do sistema.

As ligações entre os dados são divididas nas automáticas e opcionais. As automáticas são criadas durante a associação da feature e máquina. Elas compreendem a associação cinemática da máquina em que cada eixo previamente descrito da máquina é associado a um correspondente da feature, no caso de combinações múltiplas (uma máquina pode fazer de várias maneiras a mesma feature) estas associações são replicadas automaticamente até que não existam mais combinações.

Concluída a fase de ligações automática uma “calculadora lógica” é apresentada para o especialista para que ligue os campos de mesmo tipo de dado (mesmo tipo de variável). De um lado encontram-se os campos da feature, uma vez selecionados filtram-se os campos de igual tipo de dado da máquina.

A feature, previamente tratada, recebe uma indicação dos campos preenchíveis através de uma denominação formal interna ao sistema. Estes campos são:

Medidas passíveis de ser preenchida pelo usuário final;

Eixos representativos dos compôs cinemáticos da máquina;

Campos não-visíveis como características exclusivas da fabricação: modo de translação e rotação da máquina e/ou peça, valores máximos e mínimos (faixa de trabalho) da feature, unidade padrão para estas medidas (caso diferente de mm, p.ex.: μm , Å, etc).

E a máquina também precisa de parâmetros específicos impostos pelo especialista:

Família, tipo, marca, modelo (nomenclatura informal para classificação e busca da máquina) segundo ABIMAQ;

Especificação técnica da máquina: número de graus de liberdade (GDL), número de eixos (x,y,z,w,etc.), opcionalmente pode-se informar se a rotação(caso exista) esteja no eixo ou na peça;

Especificação de cada eixo de trabalho, principalmente eixo árvore: tipo de movimento de cada eixo (posicionamento, avanço, corte), modo de translação (retilíneo, interpolado), controle de posicionamento (automático, manual, eletrônico) e comprimento de trabalho (tamanho da mesa), controle de velocidade (manual, automático, eletrônico), e campos para futuras implementações do sistema como potência nominal do eixo, tolerância e/ou resolução de trabalho.

O especialista impõe regras do tipo IF-THEN, em que sugere uma modificação de um atributo da feature que resulta em um tipo de dado correspondente para máquinas. Esta associação não é obrigatória, porém reduz o universo de máquinas capazes de executar a feature. Continuamente, a cada inserção de regra a feature é cada vez mais associada a um tipo de máquina-ferramenta. Estas regras são armazenadas através de uma seqüência contendo o atributo da feature, uma condição comparativa (lógica) e um resultado, que é um campo associado da máquina. Um pequeno exemplo pode ser dado utilizando a própria regra cinemática (que é automática):

SE FeatID.FerroPeca = FALSO ENTÃO MaqID.Ferropeca = FALSO

SE Eixos.FeatID.Versor.i = [1 0 0] ENTÃO Maquinas.Eixos.Versor.i = [1 0 0]

Estas regras, por sua vez, podem estar em uma série outras regras armazenadas dentro de uma seqüência lógica aqui chamado de base de regras. Porém sem relevância entre as regras, isto pode gerar um problema com regras que se contradizem, pois não existiria uma maneira de eliminar a regra menos importante. Apesar desta relevância estar contemplada no modelo de dados, não é discutida em nenhum ponto deste trabalho.

Vista de uma maneira tecnologia, pode-se demonstrar através de seqüências SQL: “SELECT <TABELA> WHERE <CONDIÇÃO>”, que para o exemplo anterior ficaria:

“SELECT MaqID WHERE FeatID.FerroPeca = FALSO” – Verifica cinemática básica da máquina;

“SELECT Maquinas.Eixos.Versor.i WHERE Eixos.FeatID.Versor.i = [1 0 0]” – encontra máquina com mesma cinemática;

Esta seqüência, também chamada de cadeia reversa¹, ficaria armazenada como um texto, dentro da base de dados. Mas tarde, durante a busca, a seqüência se somaria as outras permitindo um encadeamento (sem estabelecer relevâncias) das condições.

Para simplificação foram generalizadas séries de atributos, como por exemplo, as dimensões. Estas podem estar ligadas tantos as máquinas quanto a features, porém apontando somente para uma delas. Em termos técnicos de informática, dimensão é um objeto herdado tanto pela feature quanto pela máquina.

Concluída a fase de inserção das regras, é conveniente explicar a execução da inferência. Também chamada de pesquisa é quando o usuário final preenche os atributos quantitativos da feature e dá início a busca de máquinas-ferramentas capazes de executar determinada feature. Estes parâmetros são substituídos nos espaços referentes às regras, ou simplesmente comparados dentro das regras impostas pelo especialista. O encadeamento de regras é executado de uma única vez, porém cada regra é executada pela base de dados.

Os dados são capturados pelo posicionamento relativo da feature e material bruto, preenchimento das medidas e opcionalmente tolerâncias da feature, e da medida do próprio material bruto. Pode-se compreender a seqüência de busca em regras IF-THEN da seguinte maneira:

Captura das medidas do material bruto: SE tamanho máximo do material bruto > tamanho máximo da mesa ENTÃO próxima regra;

Preenche opções: SE feature é padronizada – tipo “*pattern*” – ENTÃO recalcule movimentos da máquina;

Captura do posicionamento relativo da feature:

SE existe máquina associada a esta feature ENTÃO (SE versor do eixo da feature == versor de eixo da(s) máquina(s) ENTÃO (SE comprimento de posicionamento e/ou + avanço e/ou corte < movimento da máquina ENTÃO liste as máquinas));

¹ Cadeia reversa adotado aqui como termo convencionado “*backward chaining*” da revisão (Raphael, Smith, 2003)

Durante a requisição da busca, há formação da seqüência SQL que é complementado por quantas informações a mais o usuário possa fornecer, isto ocorre logo após a captura da posição relativa da feature, que também compõe a busca. Exemplifica-se a criação da regra e execução nos diagramas abaixo:

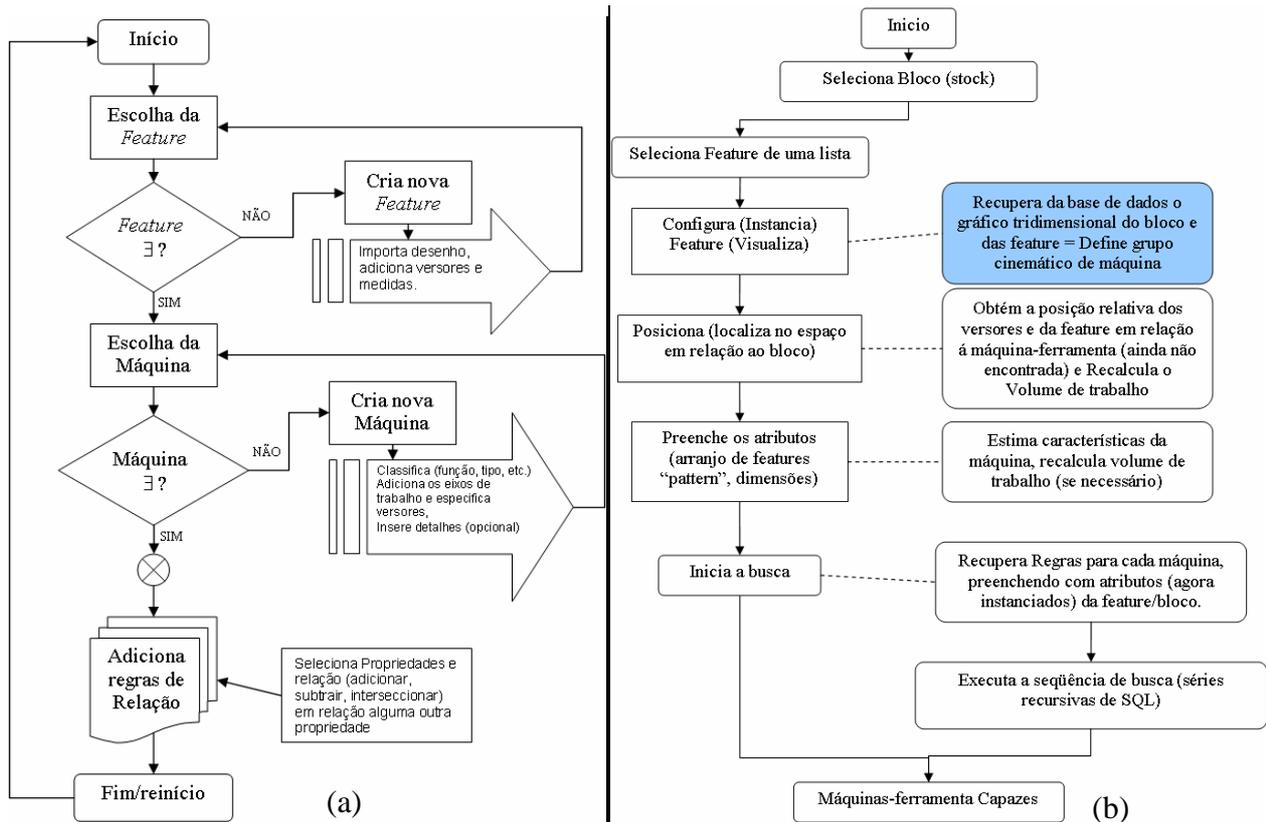


Figura 4 - (a) Diagrama de manutenção da base; (b) Diagrama de busca e inferência.

<Falar do uso das regras DURANTE a busca>

4. ESTUDO DE CASO

Os exemplos a seguir (figura 5 e figura 6) contêm a cinemática necessária para usinagem de features baseadas na norma ISO 14649.

Nas features de fresamento, apesar das trajetórias de avanço não serem retilíneas, é possível uma representação em forma de versor, tomando como referência o primeiro vetor de avanço.

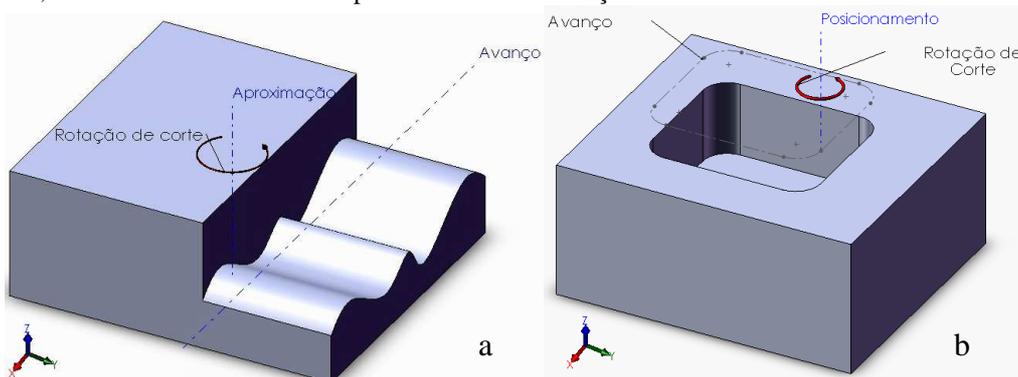


Figura 5 – Fresamento a) Forma de perfil (*Shape Profile*); b) Cavidade fechada com fundo plano (*Closed pocket planar*).

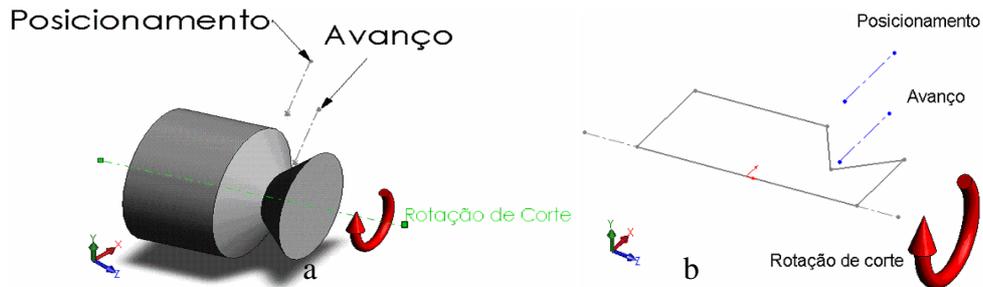


Figura 6 – Torneamento a) Entalhe (*outer diameter to shoulder*); b) Perfil 2D da mesma *feature*.

Tomando como exemplo a *feature* da figura 5a, os eixos de posição de avanço segundo a tabela 1.

Tabela 1 - Eixos cinemáticos da *feature* de fresamento "Shape Profile"

Nome do eixo	Posição do versor central (x y z angulo)	Comentários
Eixo de Aproximação	0 0 1 0	Note que depende do preenchimento
Eixo de Avanço	-1 0 0 0	Definido com controle de posição e linha livre ("spline")
Eixo de Corte	-1 0 0 0	Definido com controle de velocidade e rotação na ferramenta

Deve ser observado que os eixos são criados em relação ao centro da peça.

Neste instante a geometria que aponta uma rotação na ferramenta, já restringe uma série de máquinas rotacionais como tornos. O controle de posição no eixo de avanço inclui as máquinas com pelo menos um eixo programável.

A representação do tipo de movimento, localização da rotação, a controles automáticos ou não pode ser visto como regras SQL conforme a regra (1). O trecho de fundo mais claro são regras de produção inseridas por um processista que criou a *feature*. Conforme a nomenclatura dos dados da figura 2.

```

SELECT MaqID FROM Maquinas WHERE FeatID.FerraoPeca = MaqID.Ferraopeca AND
(
  SELECT FeatID.Eixos WHERE
    Vector.i = (
      SELECT Eixos.FeatID.Versor.i WHERE Eixos.FeatID = "{Minha-Feature-que-escolhi}"
    )
  AND Vector.j = (
      SELECT Eixos.FeatID.Versor.j WHERE Eixos.FeatID = "{Minha-Feature-que-escolhi}"
    )
  AND Vector.k = (
      SELECT Eixos.FeatID.Versor.k WHERE Eixos.FeatID = "{Minha-Feature-que-escolhi}"
    )
) AND FeatID.TipoMov = MaqID.TipoMov AND FeatID.Trans_Modo = MaqID.Trans_Modo
    
```

Regra (1) - Exemplo de regras SQL, comparação dos eixos em "Sub queries" e regras de produção.

5. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

A seleção de uma máquina-ferramenta não é uma tarefa trivial que demanda uma grande experiência do planejador. A construção de um sistema para planejamento de processos que contemple essa tarefa requer como ponto de partida a modelagem da experiência acumulada pelos processistas. Apesar de ainda não estar completamente implementada foi possível mostrar que a associação dos conceitos de features e regras de produção possibilitam a representação de parte desse conhecimento. Embora o uso de regras de produção seja limitado, pois conduz a uma fragmentação do conhecimento representado, a utilização de cláusulas SQL contribui para o aumento da flexibilidade dessa técnica, possibilitando seu acréscimo e/ou atualização em qualquer estágio de utilização do projeto. O que se espera é que a presente metodologia possa contribuir para o desenvolvimento de um sistema que apóie o usuário final na escolha de máquinas-ferramenta, seja dentro de seu próprio chão de fábrica ou dentro de uma base de fornecedores.

6. REFERÊNCIAS

- Alting L., Zhang H. C., "Computer Aided Process Planning: the state-of-art survey". International Journal of Production and research, v.27, p553-585, 1989.
- Zhang H.C., Alting L., "Computadorized Manufacturing Process Planning Systems", Chapman Hall, London, 1994.
- Peklenik J., Sluga A., "Contribution to Development of a Generative CAPP-System based on Manufacturing Process Topology", Anals of CIRP, Vol. 38/1/1989, Jan. 1989.
- Dhande, S. G.; Karunakaran, K. P.; Misra, B. K.; „Geometric modeling of manufacturing Process using Conjugate Geometry“, Journal of Engineering for Industry, Vol. 17, p. 288-296, August, 1995.
- ISO 14649 Data model for Computerized Numerical Controllers, ISO 14649 - Version description: V5, ISO/FDIS – Part 10,11,12,111,121, February 2002.
- Kumar S., Singh R., "A short note on an intelligent system for selection of materials for progressive die components" Journal of Materials Processing Technology, vol.182, Elsevier, p.456–461, 2007.
- Adamczyk Z., "A new approach to CAM systems development for small and medium enterprises" Journal of Materials Processing Technology, vol.107,p.173180, 2000.
- Sudarsan R., Fenves S.J., Sriram R.D., Wang F., "A product information modeling framework for product lifecycle management" Computer-Aided Design, vol.37, p.1399–1411, 2005.
- Raphael B., Smith F.C., "Fundamentals of Computer-Aided Engineering" John Willey & Sons Ltd, West Sussex, England, 2003.
- Zhou X., Qiu Y., Hua G., Wang H., Ruan X., "A feasible approach to the integration of CAD and CAPP" Computer-AidedDesign, vol.39, Elsevier, p.324–338, 2007



V CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
V NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 22 de agosto de 2008 – Salvador – Bahia - Brasil
August 18 – 21, 2008 - Salvador – Bahia – Brazil

A VARIANTE SYSTEM FOR MACHINE-TOOL SELECTION

Josef Falcon Magalhães, josefmagalhaes@gmail.com¹
Dalberto Dias da Costa, dalberto@ufpr.br¹

¹Federal University of Paraná, DEMEC, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 210, ZIP 81531-990, Curitiba

Abstract. *The automatic selection of machine tool are unsolved problem .Spite of the advanced of CAM technologiesthe human intervention still need. In almost the case, these systems are modularized basing on specific manufacturing processes, such as milling, turning, plastic injection, and so on. The choice of one of these modules is always in charge of a human expert process planner. In the machining field, for example, the selection of an adequate machine tool remains highly dependent of human intervention.The purpose of this work is to present a methodology, and the result of its implementation, to face the problem of machine selection. The main strategy adopted here was based on the use of production rules (“IF-THEN”) formatted as SQL clauses to integrate two relational databases. The first database contains a parameterized geometric representation of a collection of machining features. The second enclosed geometrical and kinematics description of machine tools. The main conclusion was that the use of production rules embedded on SQL clauses is a flexible programming tool which allowed the implementation and upgraded of a variant CAPP system for machine tool selection.*

Keywords: *Variant CAPP, Machine tool selection, Machine tool database.*