

Introdução

Durante as últimas décadas, os sistemas CAD de grande porte (*high-end*), como modeladores de sólidos, experimentaram uma série de desenvolvimentos significativos, tais como: modelamento tridimensional, parametrização, melhorias na interface com o usuário e busca na integração projeto-processo-manufatura.

Com a evolução dos sistemas computacionais, além dos sistemas CAD (*Computer Aided Design*), foram criados outros sistemas: CAPP (*Computer Aided Process Planning* - planejamento de processo) e CAM (*Computer Aided Manufacturing* - manufatura), que oferecem soluções para áreas específicas. Estes sistemas proporcionam, indubitavelmente, o aumento da produtividade do setor de projetos, gerando economia de recursos. Em contrapartida, há obstáculos a serem transpostos no sentido de integrar estas áreas no âmbito da troca de informações entre elas, padronizando o gerenciamento de dados.

Com o intuito de minimizar esta dificuldade, é necessário desenvolver um sistema que permita esta integração através da adição de informações geométricas e tecnológicas no modelo da peça, com o objetivo de adequar a semântica do modelo geométrico às informações necessárias no processo e manufatura. Nos últimos anos, isto tem sido realizado através do modelamento baseado em *form features*. (Schützer, 1995).

Na literatura, a utilização do termo *form feature* trouxe muitos significados para esta terminologia, dependendo de sua aplicação e utilização. No trabalho de pesquisa em desenvolvimento pelos autores, o termo *form feature* é definido como sendo um objeto que engloba uma semântica, uma parametrização, e informações tecnológicas (interdependências e atributos), podendo ter ou não uma representação geométrica (Schützer & Folco & Gardini, 1998).

Em função da semântica da *form feature*, ela pode ser classificada em: *design features*, *manufacturing features*, *functions features*, etc.. (Schützer, 1995). Depois de analisar a aplicação prática destas entidades, os fornecedores de sistemas CAD/CAM *high-end*, como o Unigraphics v.13.0.4, implementaram algumas *form features*, as quais permitem uma significativa melhora na interface do sistema com o usuário.

O Unigraphics oferece várias ferramentas para projeto no módulo *Application Modelling*, tais como um conjunto de *form features* geométricas, o que auxiliam o modelamento de sólidos.

¹ SCHÜTZER, K.; FOLCO, J.C.; GARDINI, N.: Modelador Baseado em "Manufacturing Feature" para Validação de Dados de Manufatura. *Ciência e Tecnologia*. 7 (1999) 13, pp. 81-88.

Depois de testar e analisar as ferramentas deste módulo do sistema, detectou-se que uma delas pode suportar a implementação do modelador baseado em *form features*, inspirado nas já existentes no sistema, entretanto alterando sua semântica para uma semântica de suporte à integração com os sistemas CAx subsequentes, adaptando seu significado, e implementando os métodos necessários para especificar as interdependências geométricas e tecnológicas para o planejamento e atividades de manufatura (Schützer & Folco & Gardini, 1998).

Os objetos geométricos encontrados nos atuais sistemas apresentam semântica puramente geométrica que não pode ser interpretada, integrada e informatizada completamente pelos sistemas CAx subsequentes ao projeto (CAD); em outras palavras, atualmente, as entidades utilizadas no modelamento de sólidos não estão adaptadas ao processo e à manufatura da peça. (Schützer & Glockner, 1996).

O presente artigo pretende mostrar algumas deficiências nos sistemas comerciais CAD/CAM de grande porte, e também apresentar o início da implementação de um módulo integrado no Unigraphics.

Form Features Geométricas do Unigraphics

O Unigraphics v.13.0.4 possui o seguinte conjunto de *form features*:

- ◆ Hole
- ◆ Tube
- ◆ Pocket
- ◆ Boss – Circular Boss
- ◆ Hollow
- ◆ Blend
- ◆ Instance - Pattern
- ◆ Thread
- ◆ Slot
- ◆ Groove
- ◆ Pad – Rectangular Boss
- ◆ Taper
- ◆ Chamfer

Entretanto, este conjunto de *form features* possui uma semântica geométrica, o que não permite a validação da *form feature* considerando critérios de manufatura. O usuário pode, por exemplo, construir um *pocket* com um raio de canto de valor igual a zero, evidenciando que

não há consideração do processo de fabricação, impossibilitando a integração digital projeto-processo-manufatura. Neste caso, o sistema permite a construção de um *pocket* que é tecnologicamente inválido (Figura 1).

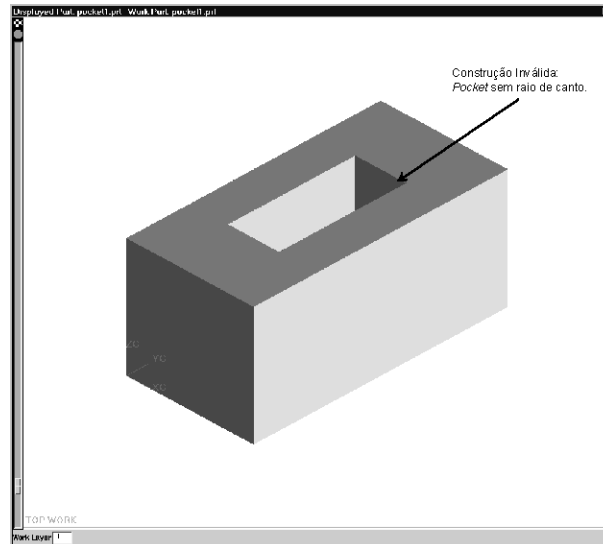


Figura 1: *Corner Radius* = 0.0, indicando falta de consideração da manufatura.

Outro exemplo desta deficiência é quando o usuário do sistema constrói um *pocket* com uma das dimensões maior que o tamanho do *block*. Neste caso, o resultado obtido é um *slot*, porém o sistema não consegue identificar esta alteração da semântica do objeto, que está diretamente relacionada com a manufatura da *form feature*.

A figura 2 mostra o aumento de uma dimensão do *pocket* transformando-o em um *slot*, explicitando a ausência de uma ação ou mensagem de erro pelo sistema para corrigir a nomenclatura da *form feature*.

Tais situações, como as apresentadas acima, ocorrem de maneira geral nos sistemas CAD/CAM *high-end* que oferecem ao usuário o recurso da utilização de *form features* durante o desenvolvimento do projeto. Este recurso é sem dúvida valioso, porém devido ao caráter puramente geométrico das *form features* estes sistemas não oferecem o suporte necessário para integração CAD/CAPP/CAM existente no ciclo de desenvolvimento do produto.

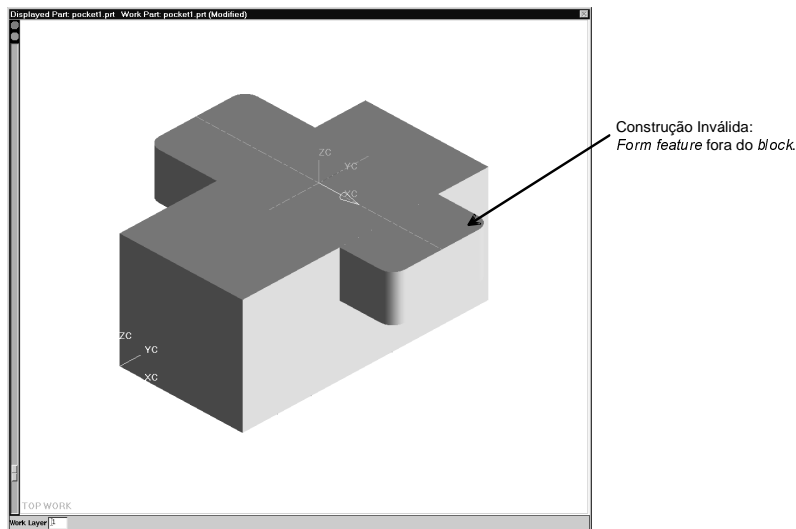


Figura 2: Modificação de dimensões do *pocket* sem alterar a semântica.

Visando exatamente o aperfeiçoamento deste ciclo, foi idealizado o Projeto INCO-DC #96-2161 *FESTEVAL* que envolve os seguintes parceiros: Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP), Indústrias Romi S.A., Kade-Tech S.A., Institute of Production Engineering and Machine Tools e Department of Computer Integrated Design da Universidade Técnica de Darmstadt (TUD), e pretende desenvolver um protótipo de um sistema CAD/CAPP/CAM integrado.

O Laboratório de Sistemas Computacionais para Projeto e Manufatura (SCPM), da UNIMEP, é responsável por parte do Projeto *FESTEVAL*, mais especificamente pelo modelador baseado em *manufacturing features*, cujos resultados iniciais estão expostos no presente trabalho.

Desenvolvimento de um modelador baseado em *manufacturing features*

Para conseguir a integração de sistemas CAD/CAPP/CAM e aperfeiçoar seu desenvolvimento, é importante definir as exigências do usuário final no desenvolvimento virtual do produto, que será a base para o protótipo desenvolvido até o final do ano 2.000.

As *form features* geométricas do Unigraphics devem ser “customizadas” em *manufacturing features*, considerando a semântica necessária para o processo industrial (Schulz & Schützer, 1993).

Para tanto, as validações das *manufacturing features* devem ser implementadas para introduzir características tecnológicas nestas entidades, contextualizando projeto-processo-manufatura integrados.

Segundo conceitos de Programação Orientada a Objetos (POO), estão sendo implementadas *manufacturing features*, aplicando restrições semânticas, tecnológicas e geométricas, procurando definir relações de interdependência entre elas, fundamentais para a geração automática do processo de fabricação.

As ferramentas a serem utilizadas para implementar estas validações envolvem conceitos de POO e a interface de programação do Unigraphics.

Uma parte importante no sistema de interface com o usuário final será o agrupamento das *manufacturing features* e as demais funções necessárias ao modelamento em um *menu* adequado. Este *menu* deve ser definido considerando-se as categorias em que as *manufacturing features* são subdivididas. No final do projeto, todas as funções devem apresentar interação amigável com o usuário.

Baseado no ponto de vista do usuário final, primeiramente foi implementado o *menu* do modelador para testar e avaliar a interface de programação do Unigraphics, para a criação da *dialog box* e para gerar objetos, como um *pocket* retangular e um *block*.

Para sua implementação, as idéias tiveram que ser estruturadas baseadas na linguagem de Programação Orientada a Objeto e na experiência adquirida pelos parceiros em outros projetos, além de:

- ◆ Uma lista de todas as *form features* seguindo os Protocolos de Aplicação 214 e 224 da International Standardisation Organisation (ISO) 10303 STEP - Standard for the Exchange and the Representation of Product Model Data (ISO 10303, 1992).
- ◆ Uma lista de funções planejadas, para ser implementada e testada, tentando alcançar a integração de todas as fases, como:
 - Projeto do Produto: Esta etapa engloba os aspectos necessários para o sistema CAD.
 - Planejamento do Processo: Esta etapa engloba os aspectos necessários para o sistema CAPP.
 - Manufatura: Esta etapa engloba os aspectos necessários para o processo industrial em sistemas CAM e também dados de CNC.

A metodologia no tratamento das *manufacturing features* e as funções planejadas geram vários níveis no *menu* e apontam para um sistema que será reutilizável e adaptável, permitindo implementações adicionais.

O resultado desta metodologia é a proposta mostrada na figura 3.

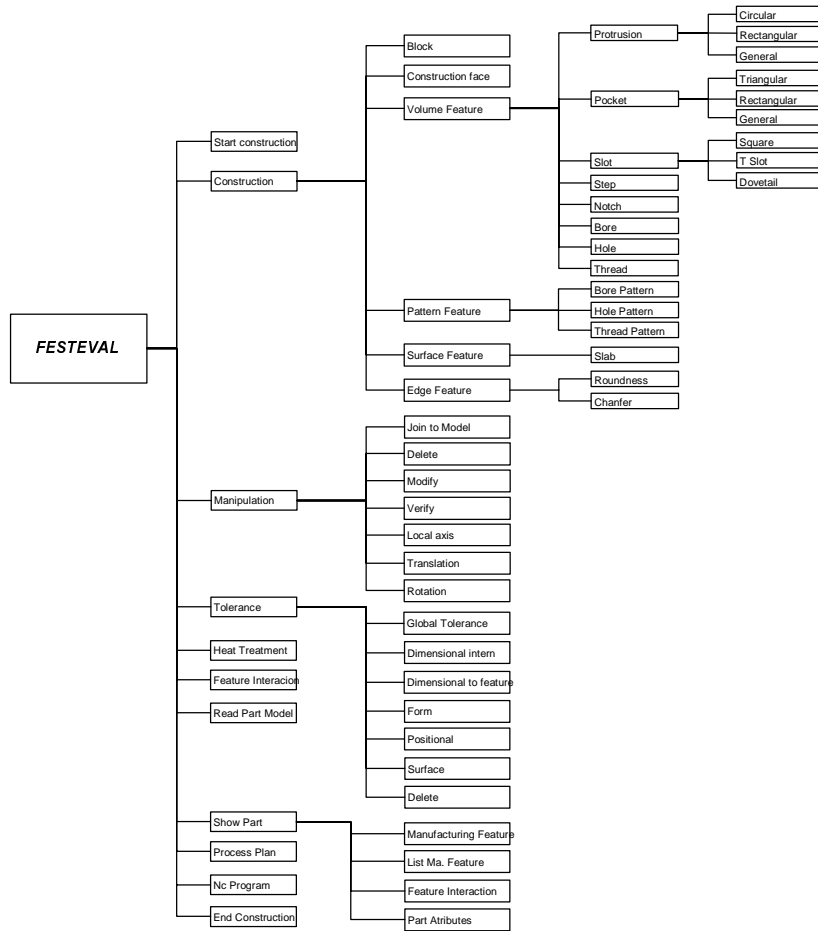


Figura 3: Estrutura do menu para o modelador baseado em *manufacturing features* (Schützer, 1995).

Seguindo a estrutura exposta acima, uma parte do *menu* do modelador baseado em *form features* foi implementado no Unigraphics. A figura 4 apresenta o primeiro resultado desta implementação.

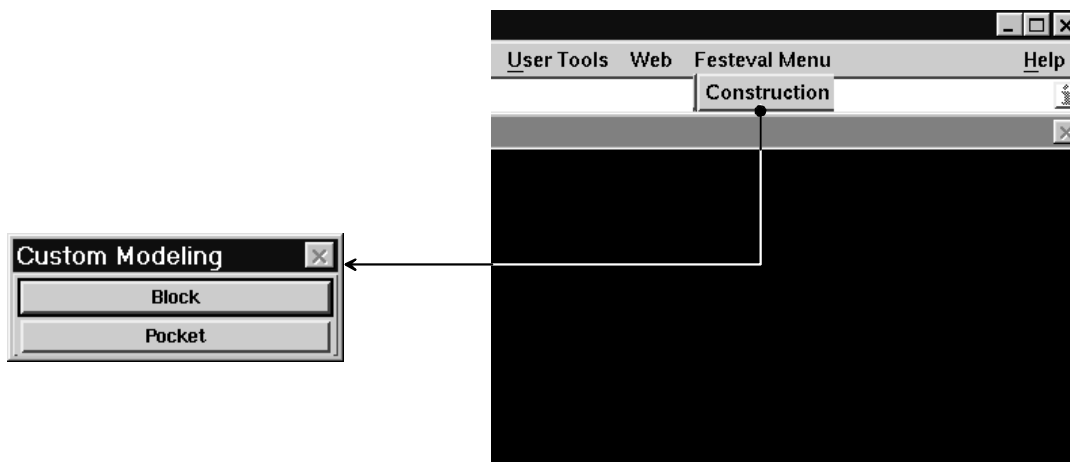


Figura 4: Implementação de uma parte do *menu*.

As *form features* devem estar de acordo com as AP 214/224 (ISO 10303, 1992). Portanto, algumas delas tiveram seus nomes alterados para serem representadas de acordo com a norma.

As *manufacturing features* utilizadas no modelador foram selecionadas através da análise das peças que são fabricadas nas Indústrias Romi S.A., parceira do projeto, e estão listadas abaixo:

- ◆ Pocket
- ◆ Hole
- ◆ Thread
- ◆ Planar Face
- ◆ Slot
- ◆ Chamfer
- ◆ Linear Outside Chamfer
- ◆ Linear Inside Chamfer (One Side)
- ◆ Circular Inside Chamfer (Interpolated and Axial)

Na literatura o conceito de projeto baseado em *manufacturing features* requer algumas regras para definir uma classificação para estes objetos, e para associar um significado de engenharia a um modelo geométrico. De acordo com as AP 214/224 (ISO 10303, 1992), foi definida uma taxonomia com divisões e subdivisões, como *rectangular open pocket*, *rectangular closed pocket*, *general pocket*, *tee slot*, *general slot*, *dovetail slot*, etc..

Toda a estrutura, incluindo as subdivisões das *manufacturing features*, serão a base para a interface com o usuário do *FESTIVAL Design Module*, onde as regras e identificações destas *manufacturing features* serão baseadas na taxonomia definida pelos Protocolos de Aplicação. A figura 5 apresenta a *manufacturing feature pocket* e suas variações, demonstrada através da do *Express Graphical Editor (EGE)*.

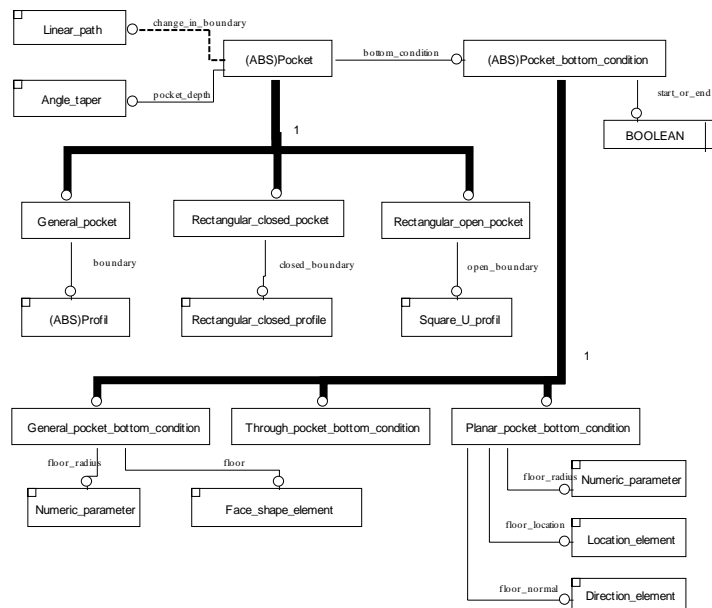


Figura 5: A taxonomia definida para a *feature pocket* (Claassen, 1998).

Seguindo as subdivisões expostas acima, os primeiros testes para o *pocket* foram implementados no Unigraphics v.13.0.4. Estes testes foram concluídos em fevereiro deste ano e os resultados pode ser verificados seguindo as figuras abaixo.

A figura 6 mostra uma criação de um *pocket* com dimensões pré-definidas, como comprimento e raios, não só construído em faces planas (A), mas também em faces inclinadas (B).

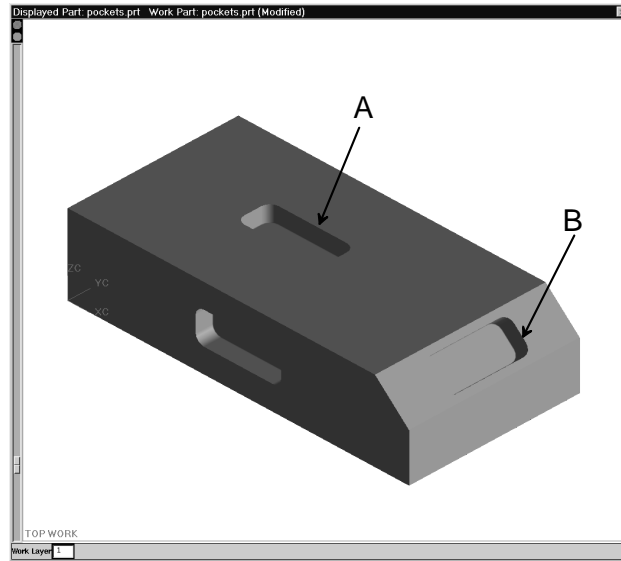


Figura 6: A criação de uma *manufacturing feature rectangular pocket*.

A primeira validação a ser integrada no protótipo é a verificação da existência de uma ferramenta para a manufatura do *rectangular pocket*. Quando o usuário define os valores de raio de canto ou de fundo, o sistema deve verificar em seu banco de dados de ferramenta a existência de uma que possa ser utilizada para executar esta operação. Se não houver, o sistema deve retornar uma mensagem de erro avisando o usuário que este raio não é válido. Nos sistemas CAD comerciais, esta interface com o banco de dados não existe. Durante o projeto da peça não há nenhuma informação sobre as ferramentas de manufatura disponíveis no chão de fábrica, permitindo enviar o projeto de uma peça que não pode ser fabricada para o chão de fábrica.

A figura 7 mostra uma mensagem de erro, implementada no sistema, que é retornada quando o usuário entra com um raio de canto ou de fundo inválido.



Figura 7: Mensagem de erro indicando consideração de manufatura.

Conclusão

A integração de sistemas CAD/CAPP/CAM tem importância decisiva na redução de tempo do ciclo de projeto, planejamento de processo e manufatura, além de contribuir para a implantação da engenharia simultânea como um todo.

Os parceiros envolvidos no Projeto INCO-DC #96-2161 *FESTEVAL* deverão apresentar para a Comissão Européia e para a comunidade um protótipo de um sistema integrado de CAD/CAPP/CAM no final do ano 2000, que disponibiliza uma série de objetos que possuem, além de elementos geométricos, atributos tecnológicos voltados a manufatura. Estes objetos, compõe então, uma biblioteca da *manufacturing features*, as quais apresentam melhorias em relação às form features fornecidas pelo modelador utilizado.

Este artigo apresenta a fase inicial da implementação do modelador baseado em *manufacturing features*, realizando algumas validações dos aspectos de manufatura, que não são efetivamente considerados pelos sistemas comerciais atuais, como o Unigraphics v.13.0.4.

Referências Bibliográficas

CLAASSEN, E. *Specification of the Common Data Model with basic* (Project Report). INCO-DC #962161 *FESTEVAL*, Deliverable 4, dez.1998, p.2-12.

International Standardisation Organisation (ISO) 10303 STEP - *Standard for the Exchange and the Representation of Product Model Data: Application Protocols 214/224*, Germany, 1992.

SCHULZ, H., SCHÜTZER, K. *Integração de projeto e planejamento baseada em feature*. Máquinas e Metais, São Paulo, p.28-37, set. 1993.

SCHÜTZER, K.. *Integrierte Konstruktionsumgebung auf der Basis von Fertigungsfeatures*. TH Darmstadt. 1995. 202. PTW.

SCHÜTZER, K., GLOCKNER, C. *Integration of machine operator know-how in a feature based environment - CAD/CAPP/CAM/CNC*. In: ____ Proceedings of First International Workshop on Intelligent Manufacturing Systems, Lausanne, p.67-64, Abril 1998.

SCHÜTZER, K., FOLCO, J. C., GARDINI, N.. *Basic Software Tool of the Feature Modeller for the Demonstrator* (Project Report). INCO-DC #962161 *FESTEVAL*, Deliverable 5-A, p.5-23, dez.1998.