

# UM SISTEMA CAD PARA A MODELAGEM DE UMA FAMÍLIA DE PEÇAS EM MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Joao C. E. Ferreira<sup>†</sup>, Adilson U. Butzke<sup>‡</sup>, Fernando Furlan Neto<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Universidade Federal de Santa Catarina  
Departamento de Engenharia Mecânica  
GRUCON, Caixa Postal 476  
88040-900, Florianópolis, SC, Brasil

<sup>‡</sup> Schneider Logemann Cia.  
Av. Dr. Jorge A. D. Logemann, 600  
98920-000, Horizontina, RS, Brasil

## RESUMO

*Neste artigo descreve-se um sistema CAD que é utilizado para a modelagem de uma família de peças industriais. Este software é um dos módulos de um sistema de auxílio às atividades de planejamento do processo numa empresa que fabrica máquinas agrícolas. Este sistema baseia-se nas “features” presentes nas peças fabricadas naquela empresa. Um exemplo da modelagem de uma peça é apresentado, para ilustrar a capacidade do sistema.*

## INTRODUÇÃO

Com a globalização do mercado, a competição entre empresas de manufatura aumentou bastante, o que levou estas empresas a implementar estratégias visando melhorar sua qualidade e produtividade. Uma das atividades importantes que influenciam a qualidade e a produtividade é o Planejamento do Processo, onde toma-se decisões tais como a seleção de máquinas, ferramentas, operações e dispositivos de fixação para a fabricação de peças.

Esta atividade é bastante complexa, e nela erros humanos podem ser cometidos. Uma forma de superar estes problemas seria a existência de suporte computacional para:

- disponibilizar para o processista todas as informações para o planejamento do processo;
- que de fato o software gere o plano de processo, porém deixando a decisão final para o processista, que poderá aceitar ou não o plano gerado. O processista poderá fazer alterações ao plano se assim desejar.

É claro que tal software deve ser composto de muitos módulos, como a seleção de máquinas, ferramentas e dispositivos de fixação. Além disso, a informação referente à peça (ou produto) deve estar disponível para que estas decisões possam ser tomadas. Normalmente um sistema CAD é usado para a representação da peça, e portanto uma interface entre o projeto e o planejamento do processo também precisa ser desenvolvida.

Muitos trabalhos foram desenvolvidos sobre planejamento do processo assistido por computador (p.ex. Kanumury/Chang 91, Brooks/Wolf 94), e alguns relatam implementações bem sucedidas em empresas (Han et al. 88). Duas razões podem explicar o baixo número de sucessos de sistemas CAPP na indústria:

- A pesquisa é efetuada sem cooperação industrial desde o começo;
- Desconfiança por parte dos diretores de empresas de pesquisadores de universidades.

Os autores consideram que para um sistema CAD/CAPP/CAM ser bem sucedido na prática, é necessário que problemas reais da empresa (isto é, o planejamento do processo para peças reais) sejam levadas em consideração pelo sistema.

Um sistema de suporte ao planejamento do processo está sendo desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina, em cooperação com a empresa Schneider Logemann Cia. (“SLC”), que fabrica máquinas agrícolas como colheitadeiras e plantadeiras. Uma descrição global deste sistema foi feita em (Butzke/Ferreira 95), e no presente artigo descreve-se em detalhes o módulo de projeto de peças.

## A EMPRESA SLC

Nesta empresa fabricam-se peças por usinagem ou por trabalho em chapas. O layout da fábrica é do tipo celular, onde cada célula é considerada uma pequena fábrica, onde entra a matéria-prima e sai a peça acabada. As máquinas no chão-de-fábrica são em sua maioria do tipo CNC, e programas NC são carregados nas máquinas via DNC. Para o projeto das peças, usa-se softwares comerciais de última geração instalados em workstations e microcomputadores. Entretanto, como em muitas empresas, as atividades de projeto e fabricação não são integradas, uma vez que o planejamento do processo é feito manualmente. Em outras palavras, o processista precisa checar a disponibilidade de matéria-prima, máquinas, ferramentas e dispositivos de fixação para a tomada de decisões. Portanto, a experiência dos processistas é fundamental para a geração de planos de processo factíveis. Isto motivou os autores a desenvolver um sistema de suporte aos processistas na SLC.

## O SISTEMA DE PLANEJAMENTO DO PROCESSO PROPOSTO

Sua Arquitetura. A arquitetura do sistema CAD/CAPP/CAM é mostrada na figura 1. No módulo

de CADD cria-se a peça para a qual o plano de processo deverá ser gerado, baseada nas “features” armazenadas na base de dados de “features” (FDB). Esta base de dados subdivide-se em dois níveis, onde o primeiro corresponde às “features” primitivas, e o segundo à peça criada.

Na base de dados de manufatura (MDB) armazena-se as seguintes informações: matéria-prima, máquinas, ferramentas e dispositivos de fixação. O módulo de planejamento do processo (EPP) gera o plano de processo, e no módulo de manufatura (CAM) faz-se a otimização dos parâmetros de corte, visando alcançar uma melhor qualidade da peça a um mínimo custo.

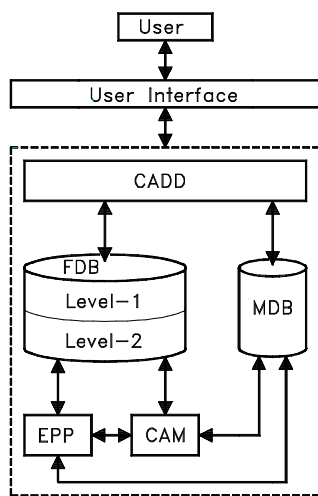


Figura 1. Arquitetura do sistema CAD/CAPP/CAM

Seu Domínio. O desenvolvimento de um sistema CAPP não é uma tarefa fácil, pois muitas informações são necessárias para a tomada de decisões. Os autores consideram que o desenvolvimento de tal sistema desde o início para toda a fábrica seria muito demorado e difícil. Portanto, decidiu-se desenvolver tal sistema para uma célula de manufatura no chão-de-fábrica. Obviamente esta limitação no domínio do problema torna menos difícil o seu desenvolvimento. Além disso, os diretores da empresa, ao verem o sistema funcionando, manteriam as portas da empresa abertas para futuros desenvolvimentos.

Esta célula compõe-se de duas máquinas de serrar, dois tornos CNC com alimentadores de barras, seis tornos universais, duas furadeiras e uma prensa hidráulica. A matéria-prima para esta célula são barras e tubos cilíndricos, e aproximadamente 480 peças são fabricadas nesta célula, todas rotacionais. Os desenhos das peças são armazenados em papel sob um código da empresa, e duas destas peças são ilustradas na figura 2.

## O MÓDULO CADD

Tecnologia de “features”. Para o desenvolvimento e implementação do módulo CADD,

decidiu-se aplicar a tecnologia de “features”, pois elas contêm informações tanto de projeto quanto de manufatura, facilitando o seu interfaceamento. Devido a estas características de “features”, elas foram utilizadas em inúmeras aplicações, incluindo planejamento do processo (Gupta et al. 94, Opas/Mäntylä 94). Entretanto, estes trabalhos normalmente resultam em protótipos, que não são utilizados no ambiente de produção. Espera-se que o módulo CADD seja utilizado na empresa porque ele foi desenvolvido em conjunto com a empresa, e portanto a cultura da empresa está embutida no sistema.

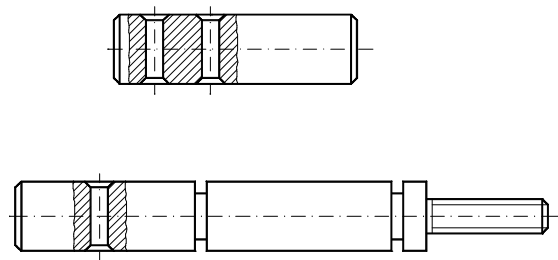


Figura 2. Duas peças fabricadas na célula escolhida

“Features” na SLC. É necessário que o módulo CADD possa representar todas as peças fabricadas na célula. Portanto, um estudo de todas as peças foi feito, identificando-se 40 “features” diferentes, que foram armazenadas no FDB. Um exemplo de “feature”, incluindo atributos como tolerâncias e acabamentos, é ilustrado na figura 3.

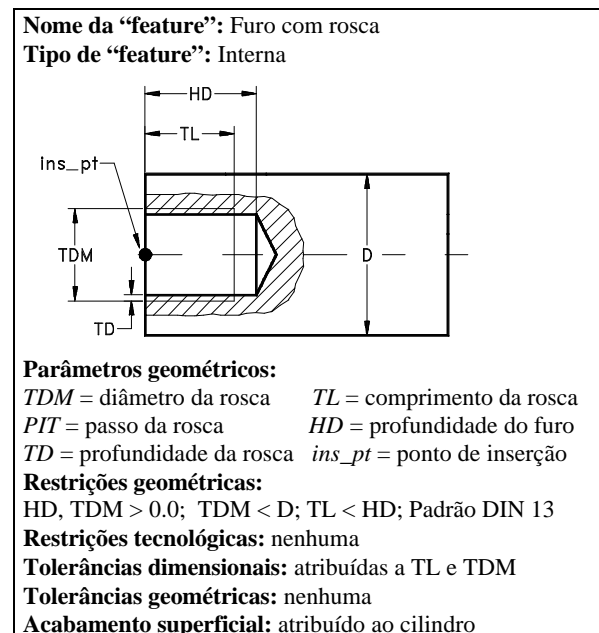


Figura 3. Uma “feature” e seus atributos

Note que restrições são também incluídas como atributos, para que peças sejam projetadas sem inconsistências. Estas restrições podem ser

geométricas (p.ex., diâmetro do furo deve ser menor que o do eixo), ou tecnológicas (p.ex. deve haver um espaço suficiente entre o fim de uma rosca e o eixo adjacente, para que não haja colisão durante a usinagem).

O “ponto de inserção” é um parâmetro geométrico, e sua posição deve estar no interior ou no contorno da “feature”. O “ponto de referência” é selecionado pelo usuário através do “mouse”, e representa a superfície à qual refere-se o lado extremo direito da “feature”

**Projeto da Peça.** Visando projetar a peça passo-a-passo, o usuário primeiramente seleciona a matéria-prima, que contém informações sobre o código da empresa, material, diâmetro e comprimento. Então seleciona-se a “feature” desejada através do menu gráfico (figura 4a). Os parâmetros da “feature” podem então ser introduzidos, incluindo “tolerâncias intra-features”, como retilidade (figura 4b). Então o sistema averigua se alguma restrição geométrica é violada, e se for o caso, o usuário deve alterar os parâmetros, ou mesmo selecionar uma “feature” diferente. Se não houver violação de restrições, a peça é atualizada no FDB, e o usuário pode então introduzir uma outra “feature”.

Depois de introduzir-se todas as “features”, o usuário pode introduzir as “tolerâncias inter-features”, que são as que necessitam de uma referência, como perpendicularidade e concentricidade (figura 4c). Após este passo, considera-se a representação da peça concluída. Na figura 5 ilustra-se uma peça criada no módulo CADD, onde todas as dimensões estão em milímetros.

## INTERFACE ENTRE O CADD E O EPP

As informações sobre a peça devem ser enviadas para o módulo EPP, para que o plano de processo seja gerado. Na atual implementação, esta informação encontra-se num formato não padronizado. Um exemplo deste formato para alguns elementos da peça da figura 5 é mostrado na figura 6.

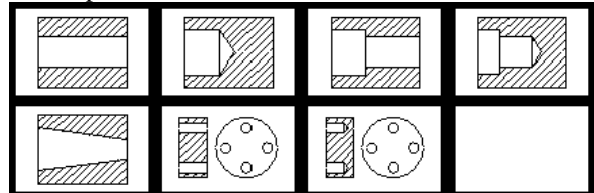
## CONCLUSÕES E FUTUROS TRABALHOS

A execução do módulo CADD é rápida, e a interface é amigável, devido ao uso dos menus gráficos e ícones.

A primeira versão do módulo CADD foi concluída, e uma demonstração foi feita na empresa, e agradou bastante os projetistas e processistas. Mas como o sistema CAD/CAPP/CAM ainda não foi instalado na SLC, uma vez que os outros módulos ainda encontram-se em desenvolvimento, um parecer completo ocorrerá somente quando todo o sistema estiver em operação na empresa.

Com relação ao projeto da peça, o presente sistema apresenta algumas limitações, que são as seguintes:

- Cada “feature” externa deve ser introduzida em relação à “feature” anterior em apenas um sentido (p.ex. da esquerda para a direita), o que reduz a liberdade do projetista. Uma maior flexibilidade será dada em futuras versões do software.
- Na atual implementação, é possível alterar os atributos das “features” como diâmetro, tolerâncias e acabamentos. Entretanto, alterações no comprimento ou largura da “feature” não podem ser feitos, o que será implementado em futuras versões.



(a)

(b)

(c)

**Figura 4.** Janelas de diálogo para o projeto de peças

A seleção de uma célula de manufatura como o domínio para o desenvolvimento do sistema CAD/CAPP/CAM facilita o desenvolvimento do sistema, mas obviamente o problema como um todo permanece sem ser resolvido. Por exemplo, células para a fabricação de peças 3-D são problemas diferentes, e neste caso um modelador de sólidos com recursos de representação de tolerâncias e acabamentos deverá ser utilizado. Além disso, outros tipos de matéria-prima, máquinas, ferramentas e dispositivos de fixação deveriam ser considerados (p.ex. blocos fundidos, centros de usinagem, fresas de topo e dispositivos modulares de fixação). Esta é uma desvantagem da abordagem apresentada, mas com a experiência adquirida no desenvolvimento do

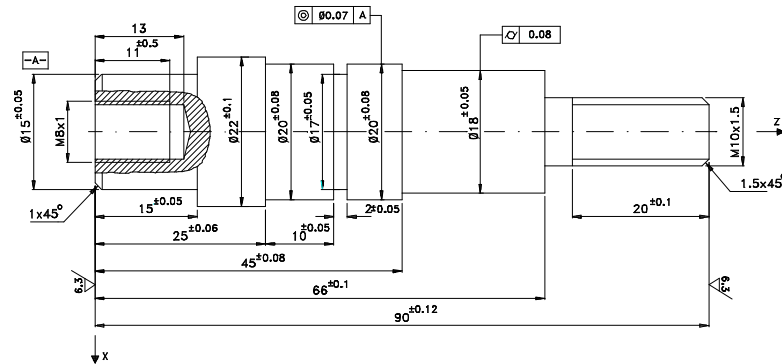


Figura 5. Uma peça criada no módulo CADD

PART NAME	-----	CYROUG 0.0000
CQ197	NAME GROOVE1	PLROUG 6.3000
MATERIAL C-D	STRAI 0.0000	UPLN
SAE 1020	CIRCU 0.0000	0.1000LOLEN
DIAMETER 25.000	CYL 0.0000	0.1000
LENGTH 96.0000	CYROUG 0.0000	UPDIA 0.0000
-----	PLROUG 0.0000	LODIA 0.0000
NAME SHAFT1	UPLN 0.0500	TDM 10.0000
STRAI 0.0000	LOLEN 0.0500	PIT 1.5000
CIRCU 0.0000	UPDIA 0.0500	TD 0.9195
CIL 0.0000	LODIA 0.0500	TL 20.0000
CYROUG 0.0000	GW 2.0000	SL 24.0000
PLROUG 0.0000	ID 17.0000	CHANGL 0.7854
UPLN 0.0500	OD 20.0000	CHALEN 1.5000
LOLEN 0.0500	INS_PT_Z 35.0000	INS_PT_Z 66.0000
UPDIA 0.0500	INS_PT_X 0.0000	INS_PT_X 0.0000
LODIA 0.0500	REF_PT_Z	REF_PT_Z 0.0000
L 14.0000	35.0000	REF_PT_X 0.0000
D 15.0000	REF_PT_X 0.0000	-----
INS_PT_Z 1.0000	-----	TYPE CONCENT
INS_PT_X 0.0000	NAME	REFER SHAFT4
REF_PT_Z 0.0000	SHAFTHRD1	REFER SHAFT1
REF_PT_X 0.0000	STRAI 0.0000	VALUE 0.07

Figura 6. Formato de transferência CADD → EPP

presente sistema, prevê-se um tempo mais curto para produzir-se um sistema para outros tipos de peças.

O uso de um formato específico para interfacear o CADD e o EPP atingiu o seu objetivo. Entretanto, para outros tipos de peças, contendo outros tipos de "features", este formato poderá não ser apropriado. Além disso, a interface entre sistemas CAD diferentes poderá ser necessária para futuros desenvolvimentos para outras empresas, e portanto recomenda-se que um formato padrão internacional como o STEP (ISO 94) seja utilizado no futuro.

## EQUIPAMENTO UTILIZADO

O módulo CADD foi desenvolvido em AutoLISP, utilizando-se os recursos 2-D do software AutoCAD. O sistema roda em micros PC-486.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o Eng<sup>o</sup>. Gladimir José Ames da SLC, cuja cooperação foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

Brooks, S.L. e Wolf, M.L., "Overview of Allied Signal's XCUT System", *Advances in Feature Based Manufacturing*, J.J. Shah, M. Mäntylä, D.S. Nau (eds.), Elsevier, The Netherlands, 399-422, 1994.

Butzke, A.U., Ferreira, J.C.E., "A Manufacturing Support System for Industrial Part Process Planning", *Proceedings of the IEEE/ECLA/IFIP International Conference on Architectures and Design Methods for Balanced Automation Systems*, L. Camarinha-Matos and H. Afsarmanesh (eds.), Chapman & Hall, pp 159-170, 1995.

Gupta, S.K., Nau, D.S., Regli, W.C. e Zhang, G., "A Methodology for Systematic Generation and Evaluation of Alternative Operation Plans", in *Advances in Feature Based Manufacturing*, J.J. Shah, M. Mäntylä, D.S. Nau (eds.), Elsevier, The Netherlands, 161-184, 1994.

Han, C., Li, J e Ham, I., "Development of an In-House Computer Automated Process Planning System Based on Group Technology Concept", in *CAPP: From Design to Production*, J. Tulkoff (ed.), Society of Manufacturing Engineers, U.S.A., 41-46, 1988.

ISO TC184/WG3 N324 -T7, "ISO 10303 - Part 224 - Mechanical Product Definition for Process Planning using Form Features", South Carolina, U.S.A, 1994.

Kanumury, M. e Chang, T.C., "Process Planning in an Automated Manufacturing Environment", *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 10, No. 1, 67-78, 1991.

Opas, J. e Mäntylä, M., "Feature-Based Part Programming", in *Advances in Feature Based Manufacturing*, J.J. Shah, M. Mäntylä, D.S. Nau (eds.), Elsevier, The Netherlands, 239-259, 1994.