

# **SisPlan - SISTEMA PARA PLANEJAMENTO DE PROCESSO AUXILIADO POR COMPUTADOR PARA AMBIENTE DE USINAGEM**

**SÁVIO PACHECO MELO** <sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, GPFAI, Porto Alegre, RS, Tel: 05133163063 - [saviopacheco@hotmail.com](mailto:saviopacheco@hotmail.com)

**FLÁVIO JOSÉ LORINI** <sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, GPFAI, Porto Alegre, RS, Tel: 05133163063 - [Lorini@ufrgs.br](mailto:Lorini@ufrgs.br)

## **RESUMO**

O sistema desenvolvido para automatizar o processo adota a filosofia de planejamento de processo variante-interativo, um método que se utiliza da tecnologia de grupo para formar famílias de peças, onde para cada família é desenvolvido um plano padrão. Esse plano torna-se a base de dados para novas peças, exigindo alterações apenas nos detalhes que não forem similares. Quando não existir um plano semelhante para nova peça este é gerado de forma interativa onde o processista tem o auxílio do computador na definição da folha de processo. Os planos de processo gerados contêm os processos de usinagem, as máquinas para realizar os mesmos, ferramentas e porta-ferramentas, sistemas de fixação, os parâmetros de corte e o sequenciamento das operações. O sistema foi projetado em Visual Basic, uma linguagem que disponibiliza uma interface gráfica amigável com o usuário. O conjunto das informações estritamente necessárias para o desenvolvimento do programa é armazenado em um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional, sistema esse escolhido por ter a vantagem de permitir manipular mais de um aplicativo ao mesmo tempo, estabelecendo relações entre eles, buscando eliminar a duplicidade de informações, impondo integridade referencial, reduzindo o espaço de armazenamento e facilitando a atualização dos dados.

Palavras chaves: Planejamento de Processo, CAPP, Usinagem.  
CONEM – Congresso Nacional de Engenharia Mecânica – Belém/PA – Agosto de 2004

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica, GPFAI, Porto Alegre, RS, Tel: 05133163063

## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as empresas de manufatura têm enfrentado diversos desafios, sejam eles relacionados ao mercado cada vez mais competitivo, ou impostos pelo crescente desenvolvimento tecnológico que torna o acesso à informação muito mais fácil e rápido. Com isso exige-se uma constante necessidade de mudança nos sistemas de produção objetivando o aumento da produtividade, a redução de custos, a minimização de estoques e, consequentemente, o aumento da competitividade. Para isto é de suma importância estruturar o processo produtivo de modo a aumentar a sua eficiência e flexibilidade.

Com a evolução tecnológica dos produtos, aliada a inviabilidade de se manterem estoques, devido aos altos custos financeiros e aos riscos de obsolescência dos mesmos, imposta pelo mercado globalizado, constata-se que as empresas de manufatura tendem sua produção para lotes cada vez menores. Segundo Lorini [1993] apud Groover [1987] e Grenwood [1988] nas indústrias do ramo metal-mecânico 75% das peças produzidas são em lotes de tamanhos considerados pequenos ou médios.

Com base nessas constatações torna-se importante buscar novas técnicas de gerenciamento, interligadas a uma possível informatização das tarefas, para que o planejamento da produção conduza à manufatura de pequenos lotes, a otimização necessária para se manter no mercado com competitividade de custos e qualidade.

A tarefa de planejar o processo de fabricação é normalmente complexa e repetitiva. Existem várias formas de se executar o projeto de um produto e a escolha otimizada dos processos de manufatura influencia diretamente no seu custo final (Norman – 1989). Nesse contexto a definição de planos de processo pela criação de um sistema de planejamento de processo auxiliado por computador (CAPP) tem grandes vantagens relacionadas aos sistemas tradicionais, notadamente se essa implementação considerar uma filosofia como a Tecnologia de Grupo (GT). Através dos princípios da tecnologia de grupo, buscam-se métodos e vantagens para reunir vários pequenos lotes de fabricação dentro de uma família de peças, aproveitando tanto suas similaridades geométricas quanto suas similaridades de processos. Tratando essas famílias como um conjunto, como se fosse uma produção em massa de um lote multi-produto, pode-se concluir que as indústrias com suporte computacional integrado ao planejamento de processo terão maiores vantagens e flexibilidade em relação àquelas que continuem operando de forma tradicional, para definirem racionalmente os processos buscando a padronização e com isso absorvendo mais fácil e rapidamente mudanças decorrentes de avanços tecnológicos.

## O SISTEMA DE PLANEJAMENTO DE PROCESSO SisPlan\_I

Um sistema CAPP pode ser formulado sob várias abordagens em função da metodologia utilizada, dentre as principais podem ser destacadas como:

☒ **Variante:** método derivado do tradicional planejamento de processo, tendo sua fundamentação na **tecnologia de grupo (GT)**, a **codificação** e **classificação** de

peças. Planos padrões são gerados para famílias de peças e cada novo plano é recuperado a partir de um banco de dados desses padrões, exigindo as devidas alterações para adequá-lo a nova peça.

☒ **Generativo Interativo:** método que busca a geração da folha de processo através da tecnologia de algoritmos, decisões lógicas e fórmulas, baseando-se na geometria da peça a ser produzida. As informações do planejamento são geradas pelo processista em um sistema computacional com uma interface amigável, onde os algoritmos utilizados proporcionam um guia na escolha de padrões pré-cadastrados, não exigindo conhecimento do sistema gerador por parte do processista experiente.

☒ **Generativo Automático:** em um sistema deste tipo armazena-se o conhecimento da produção e características de projeto em um Banco de Dados e, utilizando-se de regras obtidas da experiência dos processistas, gera-se um plano de processo específico para cada nova peça sem a inferência humana, pois os mecanismos de inferência, decisões, lógicas e algoritmos, interpretariam os dados de projeto e tomariam as decisões sobre o "como fazer". A representação das peças deve estar armazenada no computador de uma forma interpretável pelo sistema CAPP, para que este realize inferências automáticas nas tomadas de decisão. A melhor forma de representação para a inferência automática são os *features* (características) (Rozenfeld - 1996, Bedworth -1991).

☒ **Híbrido:** Considerando que cada método apresenta vantagens e desvantagens, uma melhor solução pode ser a combinação destes métodos em uma solução mista, podendo alcançar o melhor de cada um dos métodos.

O sistema SisPlan\_I, para planejamento de processo considera uma abordagem híbrida, mas sem a possibilidade de gerar o plano de processo automaticamente, ou seja, o método consiste de duas partes distintas: uma que recupera um plano de processo existente (sistema variante) e outra que auxilia interativamente o processista a criar um plano para uma nova peça que não se encaixe em uma família de peças existente (abordagem generativa interativa). O sistema variante se aplica a todos os tipos de peças produzidas por processo de usinagem convencional, pois ele é apenas dependente do sistema de codificação e classificação que abrange todos esses tipos de peças. Na parte generativa a população de peças se restringe a peças rotacionais que sejam executadas em células de manufatura com tornos e/ou furadeiras que possam utilizar ferramentas e porta-ferramentas padronizados, inseridos no banco de dados do sistema.

## PARTE VARIANTE

Este tipo de metodologia é a mais apropriada para empresas de pequeno e médio porte, pois os custos de investimento e implementação são menores. No trabalho implementado foi utilizado um sistema de codificação e classificação (SCC) utilizando-se da filosofia de GT baseado no sistema MÍCLASS e adaptado para este trabalho. Ele foi escolhido por ter um código claro de fácil entendimento que abrange um universo muito grande de geometrias (peças), ter uma boa flexibilidade para o caso de futuras expansões e possibilitar fácil automatização da metodologia de codificação.

O código é estruturado em forma de cadeia, ou seja, cada símbolo é independente dos anteriores, isto é, cada campo identifica isoladamente um parâmetro, por isso ele é fácil de ser entendido. Possui um tamanho básico de 14 dígitos, com informações tanto de projeto quanto de processo, podendo ter mais alguns dígitos conforme o número de operações que a peça sofrerá. As informações dos dígitos (campos) são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 1. - Descrição dos dígitos do SCC – GPFAI

DÍGITOS	SIGNIFICADO
1°	Forma principal
2° e 3°	Elementos de forma
4°	Posição dos elementos de forma
5° e 6°	Dimensões principais
7°	Razão entre as dimensões principais
8°	Dimensões auxiliares
9° e 10°	Códigos de tolerância
11° e 12°	Códigos de materiais
13°	Número de operações
14°, 15°, 16°...	Tipos de operações

O módulo aplicativo para o SCC foi desenvolvido utilizando-se da linguagem de programação do Visual Basic e usando banco de dados Access. Com o SCC integrado ao sistema de planejamento implementado possibilita codificar todas as peças existentes no ambiente de produção e formar as famílias de peças com seus respectivos planos padrões. As famílias são formadas escolhendo alguns dígitos que possam identificar semelhanças, relacionadas a processo, entre as peças. No sistema desenvolvido foram selecionados os três primeiros dígitos que informam a forma principal da peça, possível operação na parte externa ou interna da peça e localização de usinagem de rasgos, furos e/ou faces. Para capturar as semelhanças de acabamento, do material da peça (para seleção dos parâmetros de corte) e seqüência de operações também foram utilizados os últimos dígitos a partir do nono campo. Os dígitos nono e décimo informam a precisão da forma e o acabamento superficial requerido, o décimo primeiro e segundo determinam o material da peça e os últimos campos informam as máquinas e a seqüência por onde a peça vai passar para transformar-se em produto acabado. Assim as peças que tiverem esses dígitos iguais se enquadram em uma família de peças. Definidas as famílias pode-se gerar os respectivos planos padrões. O sistema desenvolvido permite também ao usuário através do modulo principal (Figura 1) ativar os módulos para codificar uma nova peça ou procurar um plano padrão para uma peça que já esteja codificada. No caso da peça não se enquadrar em uma das famílias existentes, o usuário tem a possibilidade de criar um novo plano para a mesma utilizando a parte generativa do programa.



Figura 1. - Interface Inicial do programa

## PARTE GENERATIVA

Considerando-se que não existe um plano padrão para uma nova peça pesquisada, o processista tem a opção no sistema de gerar um novo plano específico. O módulo gerativo do sistema permite a **edição do plano de processo** na interface do módulo inicial (Figura 1). A interação do usuário com o sistema implica em definir algumas informações pertinentes à peça e ao processo, conforme indicado na interface da **Figura 2**.

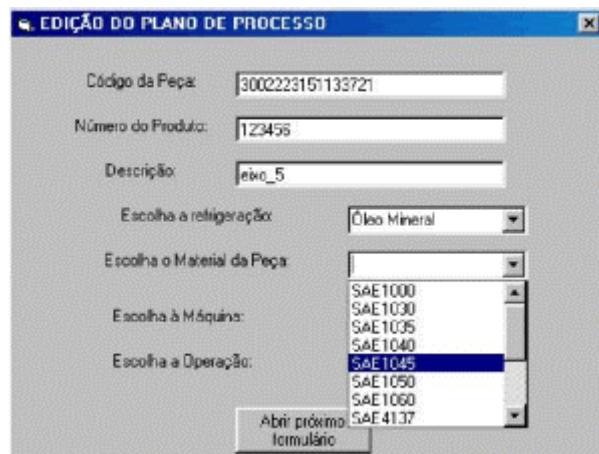


Figura 2. – Interface para entrada de dados na edição da folha de processo.

Preenchidos os campos básicos da peça, o sistema disponibiliza sucessivos formulários, pesquisando no banco de dados, procurando identificar um plano de processo padrão. No caso de não existir um plano de processo para o respectivo código o programa continuará a ser executado gravando vários valores de constantes pré-determinadas que conterão informações do material da peça (tensão, dureza,  $K_c$ , entre outros) que serão usados para calcular a potência e determinar os parâmetros de processo posteriormente.

Na seqüência dos módulos do sistema o processista irá definir o tipo de operação (desbaste, acabamento e usinagem média), as condições de usinagem (boas, normais, difíceis) e se a usinagem é externa ou interna. As condições são ditadas pelo conhecimento do usuário, no caso da operação ser de acabamento (retirada de pouco material), ser feita em uma máquina CNC nova com ótima

fixação com um balanço pequeno e condições de refrigeração satisfatória, essa condição de usinagem pode ser considerada como boa. Por um outro lado, para um desbaste pesado, feito em uma máquina antiga, com uma fixação regular, balanço muito grande a condição de usinagem pode ser considerada difícil. Outro tipo de configuração que esteja entre esses dois extremos o processista pode considerar como condição normal, ou se julgar que a mesma tem que ser considerada como condição boa ou difícil, a seu critério.

Selecionadas as opções desta parte do programa segue-se, através de outros formulários ilustrados nas figura 3 e 4, com a escolha da pastilha, do porta-ferramentas e fixação adequadas ao processo, que são disponibilizadas pelo banco de dados conforme as escolhas anteriores.



Figura 3. - Definição da pastilha para desbaste externo em condições normais.

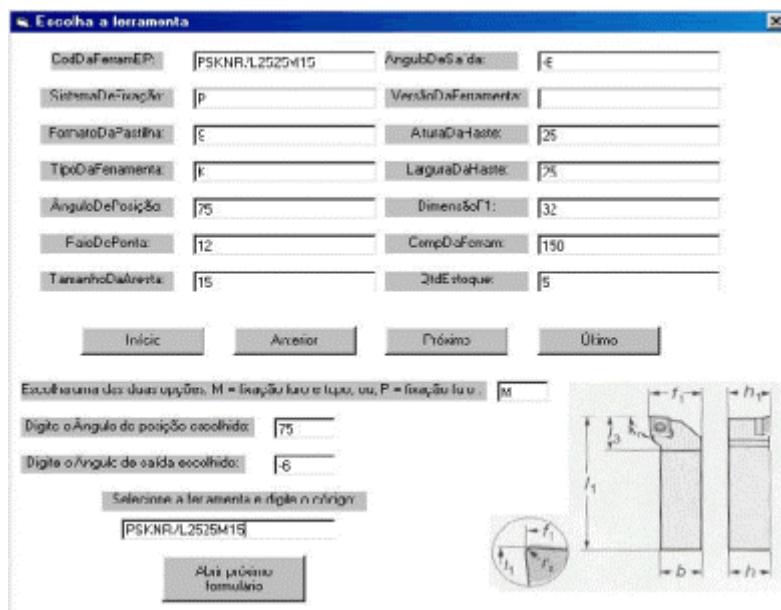


Figura 4. - Formulário para escolha do porta-ferramentas

Definidas ferramentas e o porta-ferramentas e associando-se comprimento e diâmetro de usinagem o sistema calcula condições de corte através de formulações estabelecidas, como para a potência de corte entre outros parâmetros.

Na análise do desenho o processista define todas as operações na seqüência lógica de processos através do formulário da figura 5, buscando as condições otimizadas para sua execução.

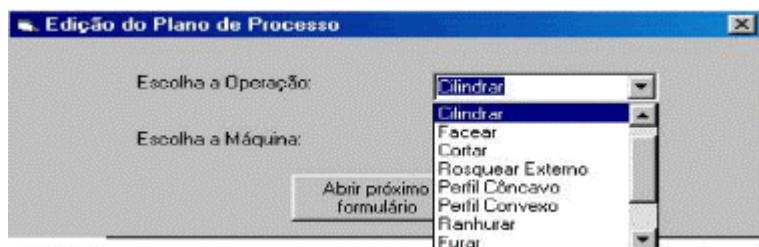


Figura 5. - Formulário para definir operação.

Completada a seqüência de operações necessárias o programa exibe plano de processo completo para determinada peça, conforme exemplo mostrado na figura 6.

PP

**Exemplo de Plano de Processo**

**Página 1 de 1**

N. Op.	Operação	Máquina	CódigoDaFerram.	CódigoDaPastilha	SistemaDefinição	P				
						Pot	Vc	f	ap	N.
10	Chanfar Externa	CNC_1	PSSNR/L2525M12	SNMG120408-PF	T-MAX U.P = pelo furo	2,249	331,7	0,2	3	2112,7
20	Cilindrar Externa	CNC_1	PCLNR/L2525M12	CNMG120408-PF	T-MAX U.P = pelo furo	1,529	422,7	0,2	0,5	2692,0
30	Ranhurar Externa	CNC_1	R/LF123G20-1616B	N123G2-0300-0003-GM	P = pelo furo	1,468	120	8	2	764,33
40	Cilindrar Externa	CNC_1	PCLNR/L2525M12	CNMG120408-PF	T-MAX U.P = pelo furo	1,529	422,7	0,2	0,5	2692,0
50	Cortar Externa	CNC_1	R/LF123G20-1616B	N123G2-0300-00002-C	P = pelo furo	1,794	120	0,13	4	764,33
60	Furar Furação	Furadeira	R415.5-2000-30-8C	R415.5-2000-30-8CD	p/Broca	2,7	90	0,25	20	190,99

**Abri Desenho**

**SAE 1045**

Figura 6. - Folha de Processo para o projeto de peça exemplo.

## CONCLUSÃO

O modelo proposto visa auxiliar interativamente o processista na confecção do plano de processo fazendo o trabalho maçante e repetitivo de pesquisa de ferramentas, porta-ferramentas, materiais, além dos cálculos dos parâmetros envolvidos no processo, liberando ao processista maior tempo para as tarefas que agregam realmente valor ao processo. Com isso deverá ocorrer uma redução significativa no tempo de desenvolvimento do plano de processo, um melhor aproveitamento e padronização das ferramentas de corte e das máquinas-ferramenta e consequentemente uma redução no tempo e nos custos de planejamento. O sistema permite elaborar planos otimizados com menor grau de conhecimento técnico do processista, na medida que muitas informações são sugeridas no sistema gerador como formulações, base de dados e padronização de procedimentos. Para validação da metodologia e aperfeiçoamento dos módulos implementados estão sendo utilizados componentes de uma indústria fabricante de conexões produzidas em lotes pequenos e médios por processos de usinagem em máquinas convencionais e CNC.

## BIBLIOGRAFIA

American Society For Metals, 1989, "Metals Handbook", Metals Park: ASM Publisher.

Bedworth, David D.; Henderson, Mark, R.; Wolfe, Philip M., 1991, "Computer Integrated Design and Manufacturing", McGraw-Hill, USA.

Chang, T. C.; Wysk A.R., 1985, "An Introduction to Automated Process Planning Systems", New Jersey : Prentice Hall.

Diniz, A. E.; Marcondes, F. C.; Coppini, N. L., 2000, "Tecnologia de Usinagem dos Materiais", 2º Ed. São Paulo: Editora Artliber.

Grenwood, Nigel R., 1988, "Implementing Flexible Manufacturing System", New York, John Wiley & Sons.

Groover, Mikell P.; Zimmers Jr., E. W., 1984, "CAD/CAM Computer Aided Design and Manufacturing", New Jersey : Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Halevi, G.; Weill, R.D., 1995, "Principles of Process Planning: A logical approach", Chapman & Hall.

Lorini, Flávio J., 1993, "Tecnologia de Grupo e Organização da Manufatura", Florianópolis: Editora da UFSC.

Normann, E.W., 1989, "O Planejamento de Processos Auxiliado por Computador com Exemplo de Aplicação em Operações de Furação (dissertação de Mestrado)", Florianópolis: UFSC.

Rozenfeld, H., "CAPP – Computer Aided Process Planning", Arquivo capturado na Web:  
[http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos\\_port/pag\\_conhec/cappv2.htm](http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/cappv2.htm). Junho de 2001.

Rozenfeld, H.; Kerry, Jr., H. T.; Pieber, E.; Ribeiro, C. E. S., 1996, "Aplicação de uma Solução CAPP para peças Parametrizadas – Um caso prático", Máquinas e Metais.

Salomons, O.W.; Van Houten, F.J.A.M.; Kals, H.J.J., 1993, "Review of Research in Feature-Based Design", : v.12, n.2, p.113-132.

Sandvik Coromant, 2001, "Corokey – Seu quia para produtividade. (Catálogo Técnico)", São Paulo.

Sandvik Coromant, 2001 "Ferramentas para Torneamento (Catálogo Técnico)", São Paulo.

Sandvik Coromant, 2001 "Ferramentas rotativas (Catálogo Técnico)", São Paulo.

Stemmer, Gaspar Erich, 1993, "Ferramentas de Corte I", 3. ed. Florianópolis : Editora da UFSC.

# SisPlan - COMPUTER AIDED PROCESS PLANNING SYSTEM FOR MACHINE ENVIRONMENT

## ABSTRACT

The system developed to automatize the process adopts the philosophy variant-interactive process planning, a method that if it uses of the group technology to create parts families, where each family is developed a plain standard. This plan becomes it database for new parts, demanding alterations only in the details that wont be similar. When doesn't exist a similar plan for new part it will be generated in an interactive way where the planner has the computer aid for the process plan definition. The ended process plan takes account the machine processes, the machines to carry through the same ones - tools and toolholder, fixing systems, the cut parameters and the operations sequence. The system was projected in Visual Basic, a language that provides a graphical interface friendly with the user. The set of information required for the program development is stored relational data base, this system was chosen because has the advantage to allow the manipulation of more than one application at the same time, establishing relations between them, searching to eliminate the information duplicity, imposing referencial integrity, reducing the storage space and facilitating the database update.

**Keywords:** Process Planning, CAPP, Machining.

CONEM – National Congress of Mechanical Engineering – Belém/PA – August of 2004

Federal University of Rio Grande do Sul, Department of Mechanical Engineering, GPFAI, Porto Alegre, RS, Tel: 05133163063