

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA PFCP INTEGRADA AO
CAPP EM AMBIENTE DE FERRAMENTARIA**

TARCÍSIO KNORST



0.296.589-3



UFSC-BU

6/10/98
FLORIANÓPOLIS, OUTUBRO DE 1998.

Tarcísio Knorst

**APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA PFCP INTEGRADA AO CAPP EM
AMBIENTE DE FERRAMENTARIA**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção (Área de Concentração: Qualidade e Produtividade), e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.



Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD.
Coordenador do PPGE

Banca Examinadora:



Prof. Dalvio Ferrari Tubino, Dr.



Prof. Osmar Possamai, Dr.



Prof. Gregório J. Varvakis Rados, PhD.

AGRADECIMENTOS

À Sociedade Educacional de Santa Catarina - SOCIESC, representada pelos seus Diretores Prof. Silvio Sniekowski, Prof. Reinoldo Dário Miranda e Prof. José Maria Melim, que apoiaram e oportunizaram a realização deste curso.

Ao amigo e colega Prof. Sandro Murilo Santos coordenador do CMPJ, pela oportunidade em realizar neste Centro este trabalho.

Ao meu orientador Professor e amigo Dálvio Ferrari Tubino, pelos ensinamentos técnicos e humanos transmitidos durante a elaboração deste trabalho.

Ao amigo Eng. Fernando Martineli Loureiro pela importante contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os funcionários do CMPJ e amigos no geral pela amizade e companheirismo.

À UFSC pela oportunidade de promover este curso à distância.

Ao meu pai Arthur pelo seu exemplo de vida e em especial a minha mãe Emília que Deus a tenha.

A minha esposa Luciani e filhas Daniela e Priscila que conviveram grandes momentos de tensão e alegrias, com certeza vocês criam um ambiente especial.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
ABREVIATURAS E GLOSSÁRIO	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - ORIGEM DO TRABALHO.....	01
1.2 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	03
1.3 - OBJETIVOS DO TRABALHO	03
1.4 - RESULTADOS ESPERADOS.....	04
1.5 - ESTRUTURA DO TRABALHO.....	04

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 - TECNOLOGIA CIM - MANUFATURA INTEGRADA POR COMPUTA- DOR	05
2.2 - INTEGRAÇÃO DA MANUFATURA O CAMINHO PARA A MODERNIZAÇÃO	08
2.3 - PROGRAMAÇÃO VISUAL E CONTROLE DA PRODUÇÃO..... ASSISTIDO POR COMPUTADOR	09
2.3.1- Aplicações em Empresas de Manufatura	13
2.3.2- Relacionamento do PFCP em ambiente CIM	14
2.3.3- Sistemas PFCP ofertados no Brasil.....	21
2.3.4- Sistema Preactor 300.....	22
2.4 - CONCEITOS DE PLANEJAMENTO DO PROCESSO POR COMPUTA- DOR.....	24

2.4.1- Planejamento do Processo Convencional.....	27
2.4.2- Planejamento do Processo Variante.....	28
2.4.3- Planejamento do Processo Generativo Automático.....	30
2.4.4- Planejamento do Processo Híbrido	32
2.4.5- Conseqüência do uso de Plano de Processo.....	33
2.4.6- Razões e Requisitos para Aplicação do CAPP	34
2.4.7- Sistemas CAPP existentes	35
2.5- PESQUISA DE ARTIGOS DA ÁREA	38
2.6- O PCP EM AMBIENTE DE FERRAMENTARIA.....	42

CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DA INTEGRAÇÃO DO PFCP COM O CAPP

3.1 - REQUISITOS PARA A INTEGRAÇÃO DO PFCP COM O CAPP	46
3.2 - REQUISITOS DE TECNOLOGIA DE INFORMÁTICA PARA A INTEGRAÇÃO DO PFCP/CAPP.....	52
3.2.1- Integrabilidade.....	52
3.2.2- Base de Dados.....	57

CAPÍTULO 4 - ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DO PFCP EM AMBIENTE DE FERRAMENTARIA

4.1 - AMBIENTE DA EMPRESA (FERRAMENTARIA).....	59
4.1.1 - Áreas que compõem o CMPJ.....	60
4.2 - DESCRIÇÃO DE PROBLEMAS ATUAIS DO PCP.....	61
4.3 - MODELO ORGANIZACIONAL DO PCP ATUAL.....	62
4.4 - MODELO ORGANIZACIONAL PROPOSTO.....	64
4.5 - DEFINIÇÃO DO SISTEMA CAPP.....	66
4.5.1 - Cadastro de Produtos e Estruturas	66
4.5.2 - Cadastro de Recursos de Manufatura.....	67
4.5.3 - Cadastro de Regras de cálculos de Tempos e Variáveis.....	69
4.5.4 - Confeção de Planos de Processos	70

4.5.5 - Orçamentos Industriais.....	71
4.5.6 - Classificação de Produtos.....	72
4.6 - OPERAÇÃO DO SISTEMA E RESULTADOS OBTIDOS.....	74
4.7 - DIFICULDADES ENCONTRADAS	81

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 - CONCLUSÕES	83
5.2 - SUGESTÕES	84

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
---------------------------------	----

BIBLIOGRAFIA	90
--------------------	----

LISTA DE FIGURAS

2.1 - Modelo Y do sistema CIM	06
2.2 - Dificuldades para decisão.....	08
2.3 - A localização dos sistemas PFCP dentro da manufatura.....	11
2.4 - As integrações de sistemas PFCP em um ambiente de CIM	15
2.5 - O fluxo de dados entre o CAM e o PFCP	18
2.6 - Estrutura lógica de funcionamento do Preactor.	24
2.7 - Estágio de produção	29
2.8 - Método Variante	30
2.9 - Método Generativo Automático	32
2.10 - Conseqüência do uso de planos de processos	33
2.11 - Módulos do sistema CAPP	38
2.12 - Fluxo de informações do CAD/CAPP/CAM.....	41
2.13 - Visão geral das atividades do PCP.....	43
3.1 - O conceito de células autônomas de planejamento (APC).....	48
3.2 - Recursos produtivos alternativos para um mesmo processo.....	49
3.3 - Roteiros alternativos para uma fabricação de uma mesma peça.....	50
3.4 - Roteiros alternativos com recursos produtivos alternativos	50
3.5 - O conceito de tempo de sobreposição	51
3.6 - Integração através de arquivos de interface.....	53
3.7 - Integração através do acesso a base de dados de outro sistema	54
3.8 - Integração através de uma base de dados única	55
3.9 - Integração entre sistema em tempo de execução.....	56
4.1 - Modelo atual CMPJ	63
4.2 - Modelo do sistema proposto	65
4.3 - Cadastro de produtos do sistema CAPP.....	67
4.4 - Módulos de cadastro de recursos do sistema CAPP.....	68
4.5 - Módulo de cadastro de regras de cálculo do sistema CAPP	69
4.6 - Editor de processos do sistema CAPP	71
4.7 - Módulo de orçamentos industriais do sistema CAPP	72

4.8 - Módulo de classificação do sistema CAPP.....	73
4.9 - Tela principal do Preactor 300.....	74
4.10 - Gráfico de Gantt.....	75
4.11 - Tela de turnos.....	76
4.12 - Fases de operação do sistema.....	78
4.13 - Tela principal do sistema	81

LISTA DE TABELAS

1- Tabela 2.1- Sistemas CAPP..... 36

ABREVIATURAS E GLOSSÁRIO

PFCP - Planejamento Fino e Controle da Produção

CAPP - Computer Aided Process Planning - planejamento do processo assistido por computador

CAE - Computer Aided Engineering - engenharia assistida por computador

CAD - Computer Aided Design - desenho assistido por computador

CAM - Computer Aided Manufacturing - manufatura assistida por computador

MRP II - Manufacturing Resource Planning - planejamento das necessidades da manufatura

CIM - Computer Integrated Manufacturing - manufatura integrada por computador

PCP - Planejamento e Controle da Produção

CLP - Controlador Lógico Programável

CNC - Computer Numerical Control - controle numérico computadorizado

CAP - Computer Aided Production - produção assistida por computador

CAT - Computer Aided Testing - teste assistido por computador

CAQ - Computer Aided Quality - qualidade assistida por computador

TG - Tecnologia de Grupo

DNC - Direct Numerical Control - controle numérico direto

CAV - Computer Aided Verification - simulação de usinagem assistido por computador

SGDB - Sistema Gerenciadores de Base de Dados

SQL - Structured Query Language - linguagem de consulta estruturada

RDBMS - Relational Data Base Management System - sistema de controle de base de dados relacional

RESUMO

As necessidades relacionadas ao atual panorama de competitividade cada vez mais acirrada e globalizada, têm forçado as ferramentarias a desenvolver produtos com maior qualidade em um menor tempo e custo. Para isto, elas passaram a utilizar técnicas e tecnologias de ponta envolvendo-se desde a programação e controle da produção juntamente com a definição de planos de processos com o auxílio do computador. Com base nestes requisitos foi desenvolvido um sistema integrado simulado que implementa a teoria do CIM em ambiente de uma ferramentaria, utilizando dois softwares comerciais nas áreas de Planejamento Fino e Controle da Produção e Planejamento do Processo Assistido por Computador.

O trabalho relata ainda os procedimentos utilizados na simulação das informações e os resultados alcançados com este experimento.

ABSTRACT

Nowadays, modeling manufacturers need to develop higher quality products in lesser time, because is they are facing fierce competitors. Hence one of them is already using advanced techniques and high technologies, including scheduling and shop floor control, implementing CIM theory an their shop-floor enviroment. Two different softwares are being used to schedule and control the entire process.

This work shows procedures that were used and the result achieved.

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - ORIGEM DO TRABALHO

Este trabalho relaciona a função de Planejamento Fino e Controle da Produção (PFCP) com o Planejamento do Processo Assistido por Computador (CAPP), integrando-as no sistema de manufatura de um ambiente de ferramentaria. Novos conceitos e ferramentas computacionais tem surgido destinados à área de programação e controle da produção e do planejamento do processo assistido por computador, o que salienta a importância atribuída a estas funções e ao crescente aproveitamento dos avanços da informática. O planejamento, a programação e o controle da manufatura em conjunto ao planejamento do processo têm um papel fundamental na competitividade das empresas com produção em ambientes job-shop (produção sob encomenda). A função de planejamento, programação e controle da produção integrado ao planejamento do processo assistido por computador possuem influências sobre fatores vitais de competitividade, a saber:

- prazo de entrega: a administração adequada dos prazos de entrega influenciam os custos, a utilização da capacidade dos recursos, o prazo melhor de concorrência e até mesmo o próprio não cumprimento do prazo de entrega;
- custos: o PFCP e o CAPP têm responsabilidade sobre a melhor utilização de equipamentos, necessidade de hora extra, aumento de produtividade, etc, que afetam diretamente os custos produtivos;
- finanças: PFCP e o CAPP têm influência sobre o capital de giro e atuam sobre a liquidez e possibilidade de operações financeiras da empresa;
- diversidade de produtos e ciclo de vida: a existência de produtos diversos exige uma maior complexidade para a função de PFCP e CAPP;

A programação e controle da produção e o planejamento do processo devem ter uma atuação condizente com os objetivos globais da empresa, pois são responsáveis pela execução de curto prazo da produção, onde em última instância é gerado o lucro da empresa de manufatura. Dessa forma, acaba se estabelecendo uma relação íntima entre a programação e controle da produção com o planejamento do processo propriamente dito.

Em busca de capacitação tecnológica para aumentar a produtividade, flexibilidade e reduzir os prazos e custos, muitas empresas adquirem ferramentas computacionais, tais como

CAE/CAD/CAPP/CAM/MRP, principalmente para setores de engenharia. A maior dificuldade desta prática consiste em integrar estas soluções, minimizando a redundância e a superposição de atividades. Esta integração é muito delicada e requer cuidados especiais para tratamento e troca de dados. Algumas empresas optam pela adoção de pacotes, que giram em torno das atividades de planejamento e controle da produção e do chão-de-fábrica, tentando abranger todas as atividades da empresa. Um problema desta opção é a integração destas soluções com ferramentas computacionais isoladas como CAE, CAD, CAPP, CAM, etc., para suportar atividades que não são atendidas por esses pacotes integrados.

Este problema se deve à falta de um modelo de referência para o desenvolvimento de soluções integradas. As tentativas de se obter um modelo padronizado ainda são teóricas e não conseguem satisfazer as concepções de diferentes fornecedores de software.

Procura-se aqui, apresentar uma proposta de integração das ferramentas PFCP/CAPP considerando-se os requisitos dos processos da manufatura integrada por computador CIM aplicado em um ambiente *job-shop* (ambiente ferramentaria).

A programação e controle da produção e o planejamento do processo consistem em áreas inovadoras e férteis para pesquisas, tendo em vista que recentes desenvolvimentos da engenharia de software e da tecnologia de informática abrem novos horizontes de pesquisas para a integração entre a programação e controle da produção e o planejamento do processo.

Dentro dos diversos conceitos e técnicas existentes para o planejamento e controle da produção, destaca-se o conceito de planejamento fino e controle da produção (PFCP). O conceito se baseia em sistemas Leitstand (cuja origem do termo é alemã, e seu significado traduzido é algo próximo a posto de controle), que através de uma abordagem hierárquica e descentralizada supre deficiências dos conhecidos sistemas de planejamento dos recursos de manufatura (MRP II - Manufacturing Resource Planning) na função de reprogramação e controle do chão-de-fábrica. Este conceito também demonstra-se adequado ao ambiente de manufatura integrada por computador, onde assume o papel de sistema de informação e coordenador das atividades do chão-de-fábrica e do planejamento do processo por auxílio do computador (CAPP).

1.2 - FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

As modernas ferramentarias têm enfrentado nos últimos anos, uma série de desafios impostos pelo mercado. Existe uma constante necessidade de aumentar a produtividade, reduzir custos, minimizar estoques e, conseqüentemente, aumentar a produtividade. Para isto é necessário estruturar o processo produtivo de modo a aumentar a sua eficiência e flexibilidade, o que leva à implantação de estratégias de manufatura integrada por computador (CIM).

O sucesso das ferramentarias na implantação de estratégias CIM depende, em grande parte, de sua capacidade de gerenciar o fluxo de informações de forma eficiente. De pouco vale ter uma série de procedimentos bem definidos se eles não estão disponíveis para o pessoal no local e no momento em que são necessários. Tampouco adianta dispor dos mais modernos equipamentos de automação de processo se os programas necessários para adequá-los aos diversos planos de produção não estiverem disponíveis. Da mesma forma, o registro e o processamento das informações para controle de qualidade serão mais úteis na medida em que estiverem automatizadas e integradas a outras informações.

Uma rede de microcomputadores dotados das ferramentas de software adequadas, pode solucionar muitos destes problemas, rápida e simplesmente, e com um custo de implantação acessível à maioria das ferramentarias.

Utilizar um sistema como este significa que, em cada trabalho realizado, haverá o planejamento, a programação e controle da produção, informações de ferramentas, plantas detalhadas, e programas CNC, desenhos de peças e ou/ de ferramentas scaneadas para demonstrar como o trabalho é realizado, página de texto com roteiro de operações (planejamento do processo assistido por computador - CAPP), um detalhamento dos parâmetros de comunicação e uma interface amigável para o operador.

Com isso se estará implantando o CIM e adequando a ferramentaria a um ambiente flexível, resultando sem dúvida, em condição essencial para se manter competitiva no mercado atual.

1.3 - OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver dentro do conceito CIM a integração entre as funções do PFCP e CAPP.

Como objetivos específicos espera-se promover os requisitos:

- descrever os conceitos de PFCP e CAPP relacionando-os ao CIM;
- tratar com segurança os dados entre o planejamento e controle de produção e planejamento do processo;
- demonstrar a importância das integrações de softwares PFCP e CAPP em ambiente CIM.

1.4 - RESULTADOS ESPERADOS

Em decorrência do trabalho espera-se poder ampliar as expectativas do ambiente de ferramentaria no que tange a:

- aumento da capacidade industrial e da competitividade da empresa ferramenteira;
- constituição de um forte potencial de racionalização, permitindo a integração de dados e processos e aumentando a velocidade e a consistência na comunicação da ferramentaria;
- permitir a redução (ou, na melhor situação, a eliminação) da redundância de dados presente em ambientes que utilizam sistemas heterogêneos (desenvolvidos por diferente fornecedores);
- reais subsídios para a melhoria efetiva não apenas da qualidade e da produtividade mas também da flexibilidade da empresa para se adaptar aos novos requisitos de produção;
- agilizar o processo de tomada de decisão em nível global dentro da ferramentaria de forma que as mudanças na demanda possam ser rapidamente absorvidas e ajustadas.

1.5 - ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho divide-se em 5 capítulos. No primeiro são apresentados a origem do trabalho, os objetivos, sua estrutura, a definição do problema e resultados esperados. No segundo capítulo, é feita uma revisão bibliográfica através do levantamento do estado da arte dos assuntos diretamente tratados e relacionados à pesquisa. No terceiro capítulo são descritos os recursos de tecnologia utilizados para a integração dos softwares utilizados na simulação do presente trabalho. No quarto capítulo é mostrado o modelo proposto, seguindo-se do capítulo que trata da aplicação prática do mesmo. No último capítulo apresenta-se as conclusões do trabalho com as devidas sugestões para futuros trabalhos.

CAPITULO 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 - TECNOLOGIA CIM - MANUFATURA INTEGRADA POR COMPUTADOR

Um modelo CIM tem como proposta a integração de funções de uma empresa, desde macro funções como finanças, produção, etc. até as atividades concretas de emissão de ordens, coleta de dados operacionais etc. [COSTA, L.S.S. ; CAULLIRAUX, H. M. - 1995].

No final da década de 70, período em que fabricantes de hardware como a IBM, DEC, Honeuweell-Bull, entre outros, construíam seus próprios modelos para os sistemas CIM, estes modelos ganharam grande notoriedade. Apesar destes modelos buscarem integrações amplas, durante a década de 80, o sistema PRÓ-CIM perdeu força. A falta de padronização, a dificuldade de integração informática, os altos custos dos sistemas e o crescente sucesso mercadológico japonês entre outros, fez com que o sistema CIM fosse relegado a um segundo plano.

Contudo, ao final da década de 80 e início da de 90, algumas empresas em participação com o capital japonês, entre elas por exemplo a NUMMI com a GM, a Rover com a Honda, etc., iniciaram novos desenvolvimentos para integração da informática com a automação dos processos de produção.

O modelo Y [SCHEER, A. - 1991] apresentado na figura 2.1, é um modelo de CIM que representa a integração de atividades das áreas de engenharia do produto, engenharia do processo (ou industrial), planejamento do processo, produção e vendas/ marketing.

No lado esquerdo do modelo apresentado estão encadeadas as atividades de planejamento e controle da produção, enquanto do lado direito estão as atividades técnicas de engenharia e produção. Na parte superior do modelo tem-se o nível de planejamento, enquanto na parte inferior aparecem as atividades de implementação dos programas de produção. No meio do "Y" um banco de dados alimenta o fluxo de informações do sistema com listas de materiais, fluxogramas de produção, dados sobre os equipamentos, níveis de estoques, etc.

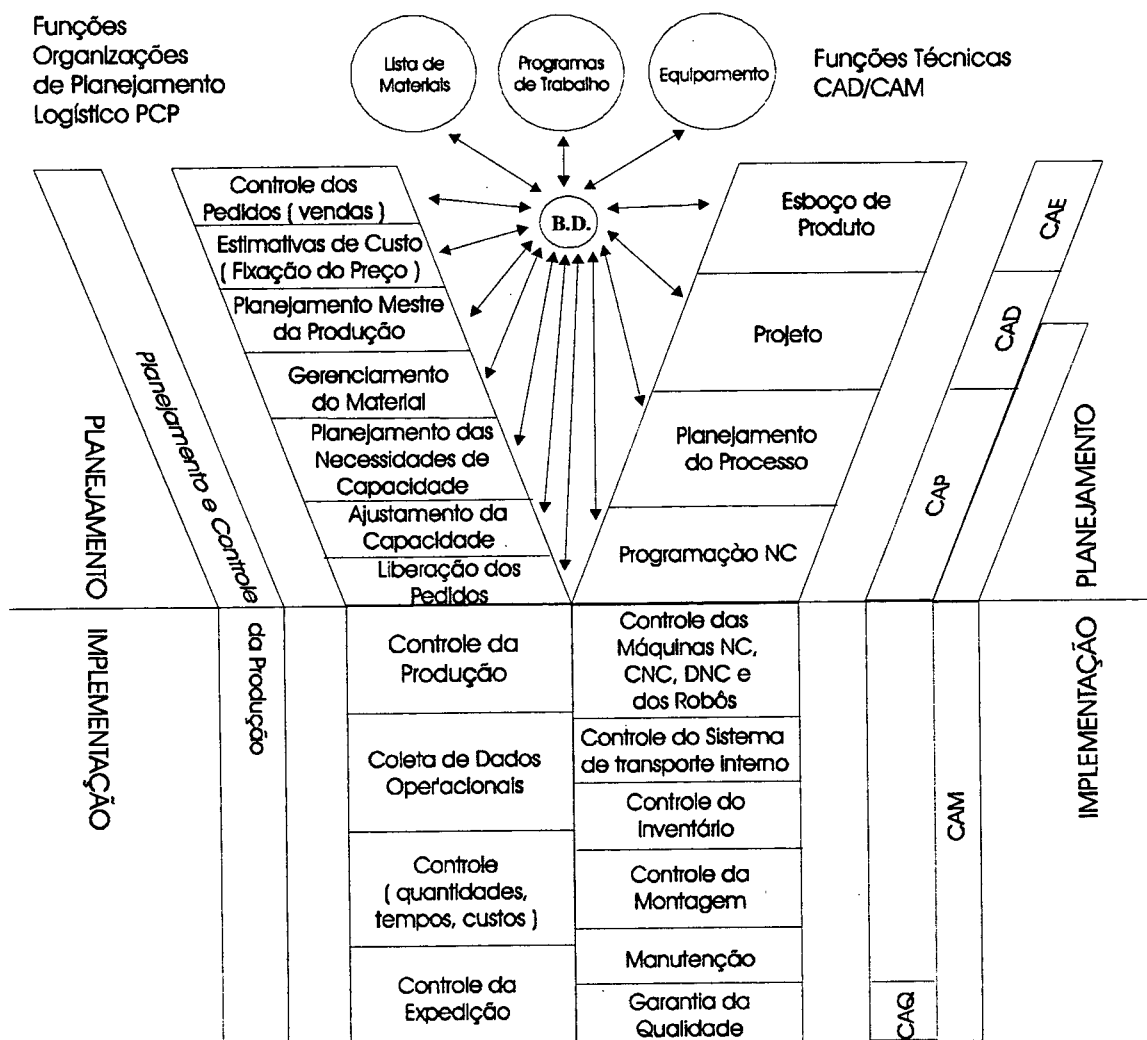


Figura 2.1 - Modelo Y do sistema CIM. [8]

O sistema CIM, conforme apresentado na figura 2.1 envolve o uso de uma série de tecnologias que produzem ferramentas de auxílio às atividades de planejamento e implementação do sistema de produção. Algumas delas são:

- **Engenharia Auxiliada por Computador - CAE.**

Como o próprio nome indica, consiste em empregar um sistema computacional para desenvolver e auxiliar as especificações funcionais de produtos, peças componentes e processos de fabricação.

- **Projeto auxiliado por Computador - CAD.**

É um sistema computacional empregado para a elaboração de desenhos, lista de materiais e outros conjuntos de instruções para as atividades de produção, como uma base de dados gráfica de peças, desenhos, simulação gráfica interativa, armazenamento e acesso a documentos, edição de documentos técnicos, etc.

- **Planejamento do Processo Auxiliado por Computador - CAPP.**

Este sistema computacional está encarregado de gerar o fluxo produtivo das peças e componentes através do sistema de produção, conhecidos como o roteiro de produção. Normalmente, as peças são catalogadas em famílias, agrupadas por suas características similares de fabricação, permitindo o desenvolvimento de planos padrões de processo para cada família.

- **Manufatura Auxiliada por Computador - CAM.**

Desenvolve as atividades de geração, transmissão e controle de execução dos programas de comando numéricos aplicados às máquinas-ferramentas e robôs, sistemas de manipulação de materiais, inspeção e teste da produção. Na realidade, o CAM engloba uma série de atividades que, de certa forma, podem ser desmembradas em suas próprias tecnologias, como:

- CAP - Produção auxiliada por computador
- CAT - Teste auxiliado por computador
- CAQ - Qualidade auxiliada por computador.

Cabe ressaltar que um dos grandes problemas de implementação dos sistemas CIM, consiste na falta de padronização entre os fabricantes dos sistemas computacionais, dificultando a interação entre os vários módulos. Logicamente, a proposta dos sistemas CIM, a nível de engenharia e fabricação, consiste em que as informações contidas nos projetos do CAE sejam entendidas pelo CAD, que deve repassar prontamente os desenhos para o CAPP, que por sua vez deve comunicar seus planos com o sistema CAM, para serem executados. Além disto, do outro lado, o planejamento e controle da produção deve estar integrado a estes dados. [TUBINO, D.F. - 1997].

2.2 - INTEGRAÇÃO DA MANUFATURA O CAMINHO PARA A MODERNIZAÇÃO

Para garantir sua sobrevivência em um mercado cada vez mais competitivo e globalizado as empresas de ferramentarias têm recorrido a um sem número de abordagens tecnológicas, filosóficas, etc. Muitas vezes estas abordagens técnicas trazem resultados significativos. No entanto, a quantidade de mudanças esgota a capacidade dessas empresas de discernir qual o caminho a seguir, conforme pode ser visto na figura 2.2. [ROZENFELD, H.-1996]

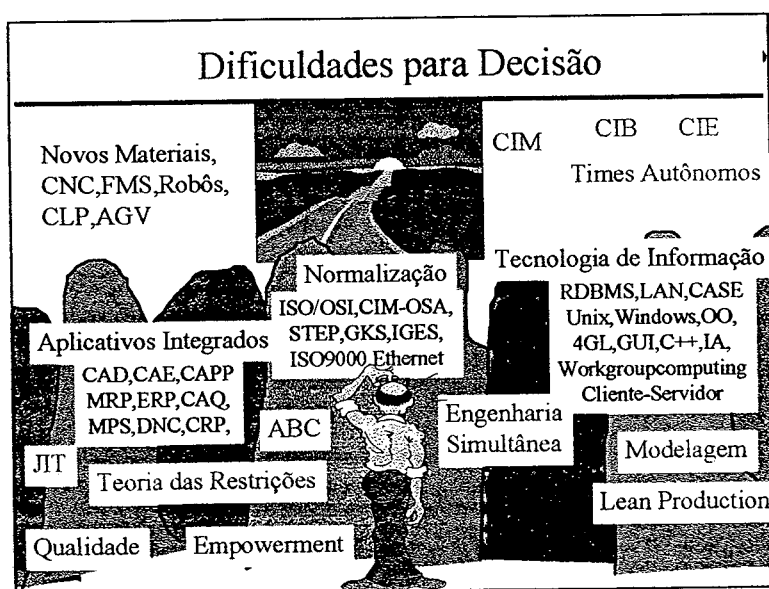


Figura 2.2 - Dificuldades para Decisão. [36]

A dificuldade de competição das empresas de ferramentarias tem aumentado devido ao aparecimento de novos critérios de competitividade mundial. Estes em termos podem ser traduzidos por três tipos de pressões que afetam intensamente os sistemas de manufatura das ferramentarias: pressões externas, pressões internas e impactos ocasionados por novos desenvolvimentos tecnológicos.

As pressões externas são representadas tanto pelo novo papel assumido pelo mercado consumidor, como pelos novos padrões de concorrência presente no mundo dos negócios [HAMMER, M., CHAMPY, I - 1994]. O mercado consumidor passa a ter um tratamento individual, ou de que um produto só é comprado se atender às suas reais necessidades e expectativas. Já a concorrência está cada vez mais acirrada, pois hoje lida-se com produtos

semelhantes, que são vendidos em diferentes mercados com bases competitivas completamente distintas, como: preço, opções, nível de qualidade e de atendimento (antes, durante e após a venda), entre outras.

Quanto as pressões internas, elas são traduzidas pelas inadequações dos sistemas administrativos e de organização de trabalho despartamentalizada, pelo baixo nível de qualificação de mão-de-obra e pela pouca utilização de tecnologias e conceitos modernos.

Com relação ao desenvolvimento tecnológico observam-se grandes mudanças, tais como desenvolvimento de novos materiais, modernização dos processos produtivos e evolução da tecnologia de informação [MARTINS. R.A - 1983]. Estas mudanças afetam as ferramentarias e muitas vezes exigem reestruturações em busca da sobrevivência e do aumento de competitividade.

Diante deste quadro e pressionada pela necessidade de atualização tecnológica, resta à gerência das ferramentarias perceber o desenvolvimento tecnológico passar ao largo de suas atividades.

2.3 - PROGRAMAÇÃO VISUAL E CONTROLE DA PRODUÇÃO ASSISTIDOS POR COMPUTADOR

A utilização de gráficos de Gantt para efetuar a programação e o controle da produção foi largamente empregada no passado e ainda está sendo utilizado por algumas empresas atualmente [SCHARTNER, A; PRUETT, J.M. - 1991]. No entanto, ele apresenta dificuldades para efetuar alterações e atualizações [VOLLMANN, T.E. - 1993].

Dentro dos estudos de CIM na Alemanha, notou-se a necessidade de se criar uma ponte de ligação entre o planejamento de materiais e um controle em tempo real do chão-de-fábrica [ROZENFELD, H.; FAVARRETTO, F. - 1993]. Como resposta à necessidade, surgiu um conceito chamado *Leitphylosophie* na língua alemã [BREMER, C.F.; MELLO, M.C.F.; ROZENFELD, H. - 1992]. No Brasil, este conceito tem sido chamado de Planejamento Fino e Controle da Produção (PFCP). O conceito reconhece a necessidade da existência de um elo de ligação entre o planejamento macro (médio e longo prazo) e o chão-de-fábrica. A ligação é feita através de um tipo de sistema designado como *Leitstand*. A tradução literal do termo é algo próximo a “posto de controle”. No entanto, considera-se uma designação mais adequada a de “sistema de programação e controle visual da produção assistidos por computador”, sendo

também conhecido no Brasil como sistema de Planejamento Fino da Produção (PFP), Scheduling, Programação, Carga de Máquinas, etc.

Sistemas PFCP podem ser definidos como sistemas computacionais gráficos de suporte à decisão para programação e controle interativo da produção para um horizonte de curto prazo [ADELSBERGER, H.H.; KANET, J.J. - 1991]. Esses sistemas fazem extensivo uso dos recentes avanços da computação gráfica para suportar a tomada de decisão do programador da produção. A programação interativa utiliza o relacionamento de simbiose entre o homem (com sua capacidade de reconhecimento de padrões, adaptação e tomada de decisão) e os computadores (com sua capacidade de armazenar e processar grandes quantidades de informação e apresentá-las de forma gráfica, mais simples de ser interpretada pelo homem). Os sistemas interativos do ponto de vista da programação, como parte de um sistema maior que deve buscar certas metas e objetivos, apresentam boas perspectivas na medida que podem possibilitar a resolução de metas conflitantes inerentes ao sistema de manufatura [SCHARTNER, A.; PRUETT, J.M. - 1991]. Nessa mesma direção vão as abordagens híbridas de programação automática e interativa, utilizando o potencial de técnicas como a simulação, inteligência artificial, entre outras, unidas à capacidade humana de aprender, decidir sobre dados incertos, reconhecer padrões e considerar aspectos informais e subjetivos do chão-de-fábrica [ZHOU, C.; EGBELVI, P.J. - 1989]. Pode-se afirmar que a arma mais efetiva para a programação e controle é a experiência e o conhecimento adquiridos ao longo da prática [LIMA, P. - 1993]. Os sistemas PFCP, ou sistemas de programação e controle visual da produção assistidos por computador, caracterizam-se também por serem sistemas de informação do chão-de-fábrica, capazes de coordenar as atividades de outros sistemas da produção em torno da programação por ele gerada.

O conceito Planejamento Fino e Controle da Produção é hierárquico e define sua localização dentro da manufatura, bem como sua interface com outras áreas e sistemas [ADELSBERGUER, H.H.; KANET, J.J. - 1991], [BREMER, C.F.; Mello, M.C.F.; ROZENFELD, H. - 1992]. A figura 2.3 mostra de maneira geral a localização definida pelo conceito de sistemas PFCP dentro da manufatura.

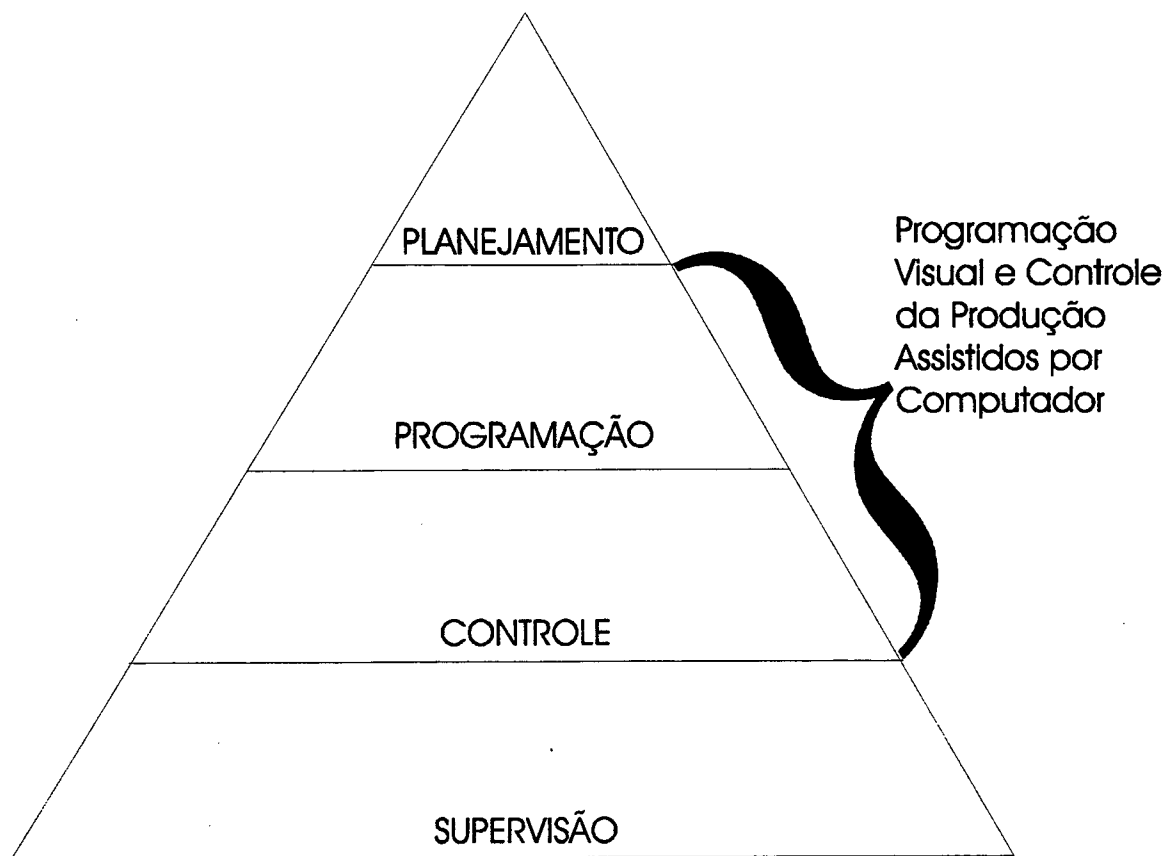


Figura 2.3 - A localização dos sistemas PFCP dentro da manufatura. [1]

O conceito de PFCP é um conceito relativo à descentralização hierárquica das atividades de planejamento, programação e controle da produção [MELLO, M.C.F.; BREMER, C.F.; ROZENFELD, H. - 1993], [SHAH, M.J.; BRECHER, V.H. - 1985] que privilegia a intervenção humana com suas características multi-critério. O conceito tem demonstrado ser uma boa resposta às necessidades da programação e controle da produção [LIMA, P. - 1983]. É importante ressaltar a importância da utilização dos computadores como ferramentas de apoio ao homem [SCHARTNER, A.; PRUETT, J. M. - 1991], tendo seu uso como uma ferramenta para representação de informações em uma forma mais próxima da que o homem utiliza normalmente para pensar, possibilitando uma assimilação mais intuitiva das informações para a tomada de decisão [KERR, R.M.; EBSARY, R.V. 1988] , [MELLO, M.F.C.; BREMER, C.F.; ROZENFELD, H. - 1993].

As entradas básicas para sistemas de programação e controle visual da produção assistidos por computador são [ADELSBERGER, H.H.; KANET, J.J. - 1991]:

- ordens de produção, com quantidades e datas de início mais cedo e término mais tarde;

- disponibilidade de recursos, como a disponibilidade de ferramentas e dispositivos, status e carga das máquinas;
- especificações do processo, como o roteiro de fabricação e tempos de preparação e processamento, máquinas alternativas, etc.

Já os componentes básicos de um sistema PFCP são [ADELSBERGER, H.H.; KANET, J.J. - 1991]:

- um componente gráfico, capaz de fornecer uma representação gráfica da programação por centro produtivo (geralmente gráfico de Gantt);
- um editor de programação para manualmente gerar e manipular programas (por exemplo adicionar ou excluir ordens de produção, alterar quantidades, alocar determinada operação a outro recurso, etc.);
- um sistema gerenciador de base de dados, para acessar informações relevantes para a programação e controle. Deve possuir meios para integrar o PFCP a outros sistemas, como de coleta de dados, planejamento da produção, planejamento do processo entre outros;
- um componente de avaliação, para se medir a performance das programações geradas;
- opcionalmente, um componente de programação automática, algoritmos de busca, etc.

Pela própria proximidade da programação e do controle, e pela proposta do sistema de prover um tempo de resposta adequado à dinâmica do chão-de-fábrica, a tecnologia de redes de coleta de dados tem um papel fundamental [ADELSBERGER, H. H.; KANET, J.J. - 1991]. Outro ponto chave é a existência de um planejamento macro, dada a característica hierárquica do conceito de PFCP.

Outra característica importante dos sistemas de programação e controle visual da produção assistidos por computador é que ele não utiliza do conceito de *lead time*, utilizando-se apenas dos tempos tecnológicos relativos ao processo, ou seja o tempo de preparação e o de execução. O tempo de espera não é considerado, pois este é determinado pela programação efetuada, já que o sistema trabalha sempre sobre dados condizentes com uma realidade de curto prazo do chão-de-fábrica [MELLO, M. C. F.; BREMER, C. F.; ROZENFELD, H. - 1993].

Este conceito tem sido aplicado também em outras áreas que não a de manufatura propriamente, como por exemplo para programação de manutenção preventiva de aviões, salas cirúrgicas em hospitais e até obras de engenharia civil.

2.3.1 - APLICAÇÕES EM EMPRESAS DE MANUFATURA

O conceito de Planejamento Fino e Controle da Produção, que engloba a aplicação de um sistema de Programação Visual e Controle da Produção Assistidos por Computador, não é o conceito mais adequado a qualquer tipo de empresa de manufatura. Existem certas tipologias de empresa onde a aplicação do conceito apresenta maior potencial. Não é objetivo do presente trabalho discutir profundamente quais as tipologias mais adequadas e quais os critérios utilizados para a determinação da tipologia da empresa.

De uma maneira geral, pode-se dizer que as tipologias onde o conceito de PFCP melhor se adequa estão dentro do âmbito do CIM [ADELSBERGER, H. H.; KANET, J. J. - 1991]. São empresas que possuem máquinas flexíveis, não dedicadas a um produto específico. Sua programação geralmente envolve mais de um objetivo na programação da produção, sendo possível inclusive a existência de objetivos conflitantes. O homem trabalha melhor com objetivos conflitantes do que um algoritmo matemático, por exemplo. As empresas que podem tirar o maior potencial do PFCP também possuem flexibilidade no processo, com roteiro de fabricação que possua máquinas alternativas, e/ou roteiros alternativos.

No entanto o conceito de PFCP é bastante abrangente, existindo sistemas PFCP desenvolvidos para aplicação do conceito em empresas de processo, basicamente do ramo químico e farmacêutico [SCHEDULEX - 1991].

Para empresas de fluxo contínuo esse sistema apresenta de forma gráfica ao operado no sistema o nível de estoque dos reagentes (matéria prima). O estoque é acompanhado em tempo real através de dispositivos de monitoramento ligados em rede ao sistema de programação visual e controle da produção. De posse do planejamento de entrega de produtos finais e dos níveis do estoque, o operador decide qual o produto será produzido, ocupando as máquinas de processo de fluxo contínuo. O sistema projeta e apresenta os estoques em um gráfico, onde o eixo X é o tempo e o Y é o nível de estoque, mostrando assim os reflexos da alocação efetuada nos níveis de estoque da matéria prima. No gráfico também são consideradas as entregas planejadas de matéria prima. Assim, o operador do sistema efetua a programação do *mix* de produtos com base em um planejamento macro e no monitoramento e projeção dos níveis de estoque, procurando atender a demanda sem ter faltas de estoque. Fica clara a aplicação desse tipo de sistema em empresas de fluxo contínuo, que possuem o seu processo composto de um maquinário capaz de

produzir diferentes produtos finais. Ou seja, também é uma tipologia onde o chão-de-fábrica é caracterizado por possuir flexibilidade [SCHEDULEX - 1991].

Os sistemas de Programação Visual e Controle de Produção Assistidos por Computador realizam a liberação de ordens baseados em previsões. Existem algumas heurísticas para programação. Quais sejam:

- para frente (começando na primeira operação da ordem até chegar na última);
- para trás (começando da última e retroagindo até a primeira);
- para frente e para trás (começando em uma operação do meio da ordem, geralmente um recurso gargalo, programando suas anteriores para trás e suas posteriores para frente);

A estratégia utilizada depende de como o operador do sistema conduz uma seção de programação, no caso da alocação manual. No caso da alocação automática, depende da implementação do procedimento de alocação.

2.3.2 - RELACIONAMENTO DO PFCP EM AMBIENTE CIM

Dentro de um ambiente CIM a programação e o controle da produção tem um papel fundamental de integrar outras áreas da empresa ao chão-de-fábrica, bem como coordenar os diversos sistemas que se envolvem diretamente com a produção, como exemplo os sistemas de planejamento de processos, sistemas de transporte, gerenciamento de ferramental e outros. A figura 2.4 ilustra as integrações de sistemas de Programação Visual e Controle da Produção Assistidos por Computador.

Dessa forma, os sistemas de Programação Visual e Controle da Produção Assistidos por Computador caracterizam-se como um canal de comunicação entre outras áreas da empresa com a produção, bem como coordenam as atividades dos diversos sistemas do chão-de-fábrica, caracterizando-se como um sistema de informação gerenciais para a produção.

Como definição, um sistema supervisor é aquele que recebe um conjunto específico de tarefas de um sistema de mais alto nível. Também se comunica com os sistemas de controle do processo, dos quais recebe informações sobre os eventos ocorridos na produção. O sistema supervisor determina e comunica aos sistemas de controle de processo a correta ação a ser tomada em resposta aos eventos ocorridos. Assim, com base nessa atividade de coordenação e controle o sistema supervisor pode retro alimentar outros sistemas de mais alto nível com informações sobre o que ocorreu na produção [CLEMONS, J.W. - 1991]. Sob o ponto de vista

dessa definição genérica de sistema de supervisão, pode-se classificar os sistemas PFPC como sistemas supervisórios que fazem controle de processo dentro do horizonte de tempo de milissegundos, ou no máximo poucos segundos, comunicando-se diretamente com unidades CLP (Controlador Lógico Programável) que atuam diretamente sobre o processo.

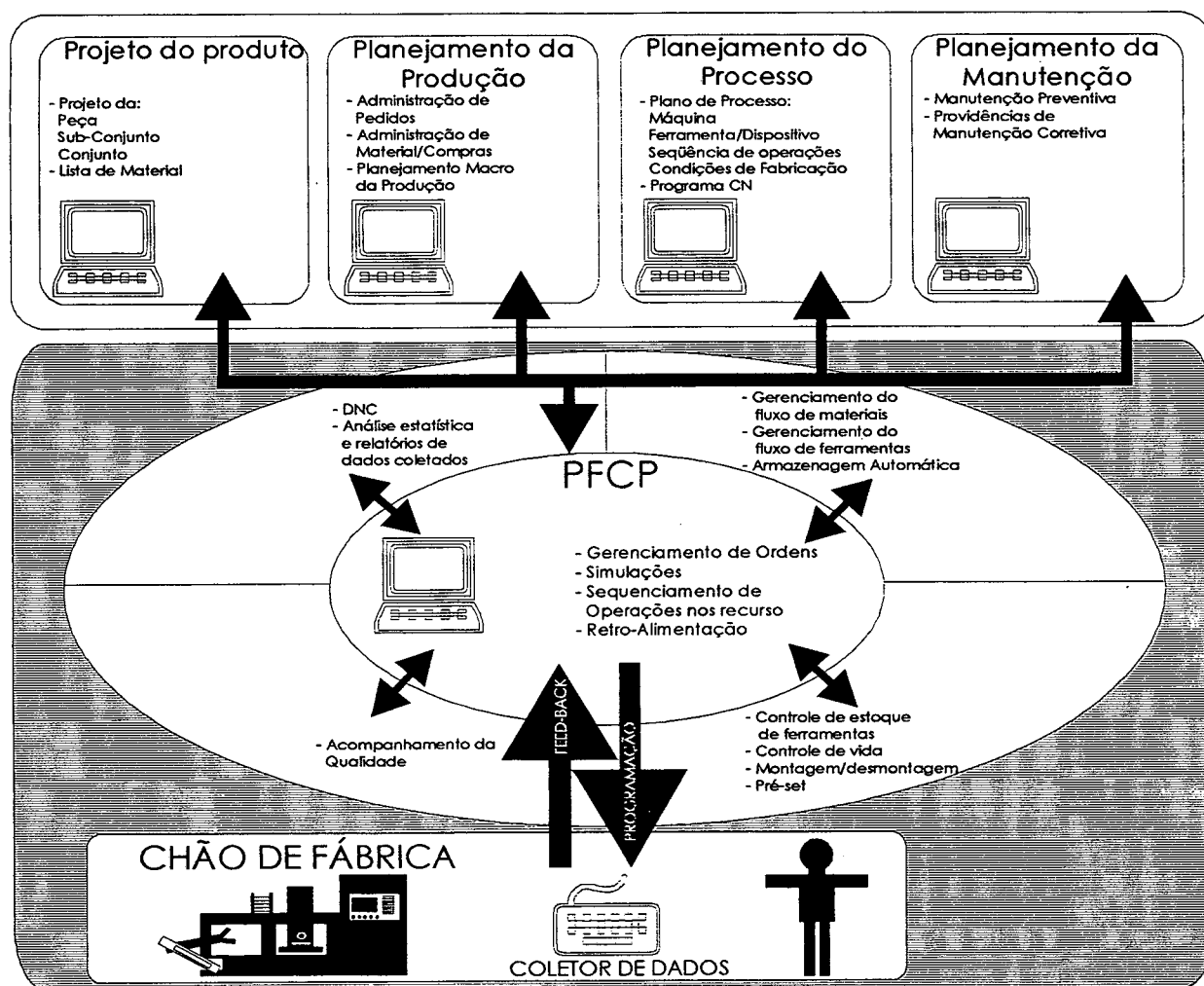


Figura 2.4 - As integrações de sistemas PFPC em um ambiente de CIM. [50]

Contudo, os sistemas PFPC não deveriam ser classificados como sistemas de supervisão, já que seu tempo de resposta está na casa de segundos até minutos por tratar eventos de mais alto nível. Por exemplo, o PFPC não trata o aumento da temperatura de determinada parte de uma máquina do processo de fabricação. No entanto, funcionalmente os sistemas PFPC possuem características de um sistema de supervisão, pois tratam eventos da produção de um nível mais elevado, por outro lado possuem também características de sistema de informação do chão-de-fábrica, devido ao seu papel de canal de comunicação e coordenação. Isso torna os sistemas de

Programação Visual e Controle da Produção adequados à função de programador e controlador da produção dentro de um ambiente de CIM [ADELSBERGER, H.H.; KANET, J.J. - 1991], [MELLO, M.C.F.; ROZENFELD, H. - 1993], [SOUZA, A.S.; ALBUQUERQUE A. R.P.L; PISCINATO, L.C.M.; - 1991].

A seguir serão detalhadas as integrações do sistemas de Programação Visual e Controle da Produção Assistidos por Computador com outras funções da manufatura.

- **Planejamento da Produção**

Do Planejamento e Controle da Produção o PFCP recebe um aprazamento para os lotes de itens (expressas pelo PCP como ordens de fabricação). Para cada peça/ordem, é fornecida a data mais cedo de início (determinada pela disponibilidade de material) e a data mais tarde de término (comprometimento com prazos). Estas datas são determinadas por um sistema de planejamento que tenha uma visão geral de todos os pedidos/produtos no tempo, e que também administre a compra/disponibilidade de material, dentro da idéia de um sistema de planejamento e controle centralizado (Planejamento das Necessidades de Materiais e Manufatura). Um sistema com essas características é por exemplo o MRP ou MRP II, que ao longo do tempo demonstrou sua eficiência para planejamento de longo e médio prazo. Para o curto prazo, como já discutido anteriormente neste capítulo, o MRP não apresenta resultados satisfatórios. Assim o PFCP é utilizado para o planejamento de curto prazo com mais eficiência, pois mantém uma grande proximidade com a dinâmica do chão-de-fábrica através de uma rede coletora de dados.

O PFCP retro alimenta o planejamento da produção com informações a respeito do que foi realmente executado quando, em quanto tempo, com quanto de refugos, etc. Estas informações são úteis ao planejamento da produção para gerar os próximos planos macro a partir de dados consistentes com a realidade. A retro alimentação também serve como base para se melhorar a estimativa do *lead-time* utilizado pelo MRP, em um processo gradativo de enxugar as folgas que o *lead-time* utilizado por ventura possui [MELLO, M.C.F.; BREMER, C.F.; ROZENFELD, H. - 1993],[MELLO, M.C.F.; ROZENFELD, H. 1993].

- **Planejamento do Processo**

Quanto menores os lotes de fabricação e maior a variedade de produtos finais, maior a interação entre a programação da produção e o planejamento do processo [SUTTON, G.P. - 1988]. Para realizar a função de planejamento de curto prazo do chão-de-fábrica, o PFCP

precisa de mais detalhes a respeito do processo envolvido na fabricação das peças [HAM, J; Lu, S.C.Y. - 1988], [NORDLAND, G. L.; TULKOFF, J. - 1988]. O aprazamento determinado pelo sistema de planejamento da produção de nível superior tem um caráter macro, sendo baseado no *lead-time* estimado, que traz consigo uma certa folga, necessária devido à distância do sistema de planejamento macro do chão-de-fábrica. Dessa forma, para criar o planejamento fino da produção o sistema PFCP busca informações mais detalhadas sobre o processo e os tempos envolvidos junto ao CAPP (Computer Aided Process Planning - Planejamento do Processo Assistido por Computador). Assim, além dos tempos, outras informações da base de dados do CAPP são utilizadas, como por exemplo quais as máquinas ou células que são capazes de executar determinado conjunto de operações, a seqüência e ferramentas necessárias [MELLO, M.C.F.; ROZENFELD, H. - 1993]. Por outro lado, a retro alimentação dos tempos reais gastos para a preparação do recurso produtivo e para a produção das peças serve para o planejamento do processo avaliar a precisão dos tempos por ele estimados [SIMS, J. - 1988]. A integração entre a função de planejamento do processo, especificamente com sistemas de CAPP, é importante na medida que roteiros e máquinas alternativas podem se tornar importantes ferramentas para tratar os gargalos da produção [NORDLAND, G. L. - 1988].

- **Integração com o sistema CAM**

O CAM é composto de diversos sistemas, cuja coordenação fica a cargo do sistema de programação e controle da produção. A figura 2.5 procura ilustrar mais detalhadamente as relações entre a programação e controle da produção e o CAM. Cada vez mais, o controle da produção de curto prazo estará associado aos sistemas técnicos da área do CAM [SCHEER, A. W. - 1993].

Componentes CAM inteligentes, como sistemas de transporte, gerenciamento de estoque e DNC (Direct Numerical Control) por exemplo, podem transmitir diretamente os sinais para a coleta de dados. Neste caso, a coleta serve de filtro das informações de controle da fábrica e processo para o controle da produção. Assim, para implementação de um sistema CIM, é necessário que haja uma integração do sistema CAM com a coleta de dados operacionais e com o controle da produção [SCHEER, A. W. - 1993].

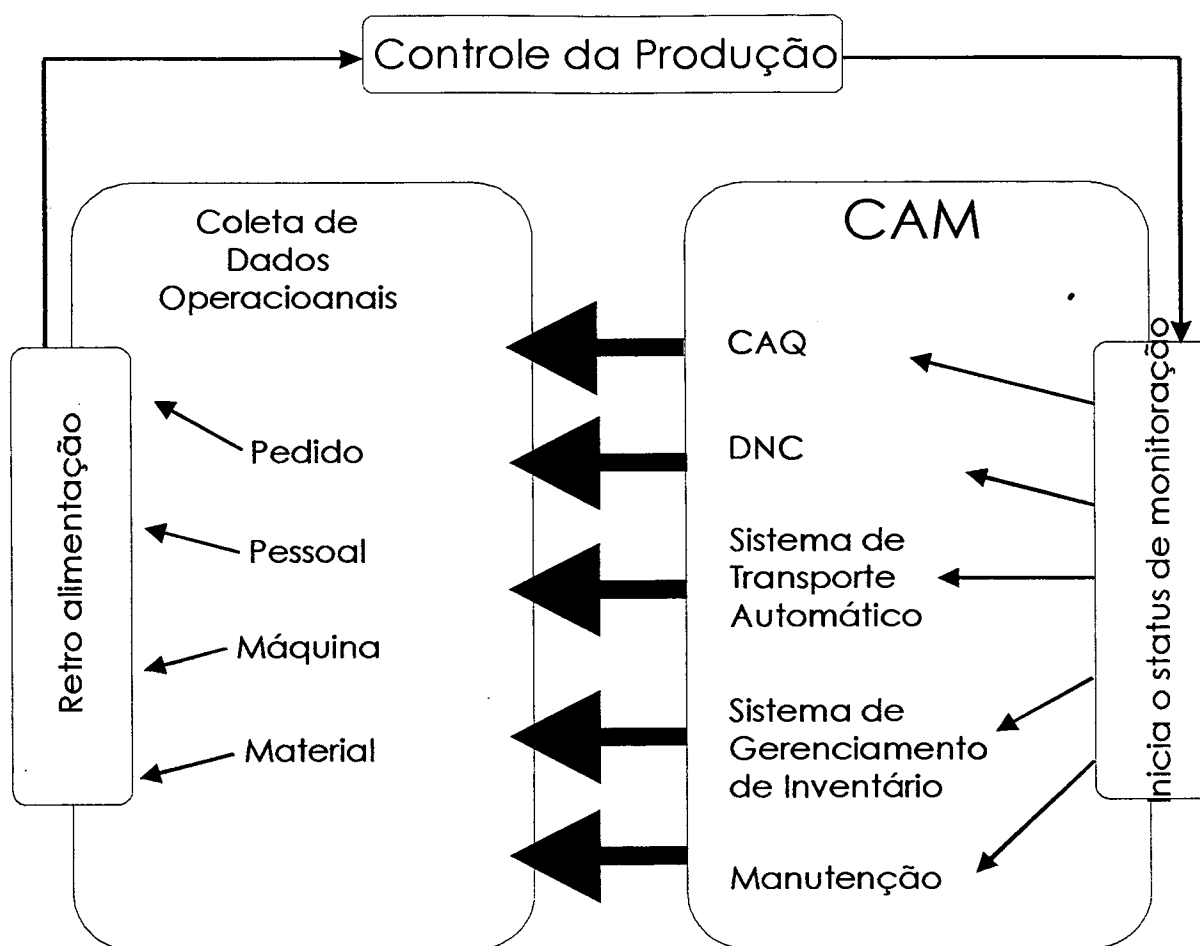


Figura 2.5 - O fluxo de dados entre o CAM e o PFCP. [43]

A seguir serão descritas cada uma das integrações com sistemas do CAM com o PFCP.

- **Manutenção**

As medidas de manutenção preventiva, dentro de um ambiente que objetive a garantia da qualidade, devem ser consideradas como ordens a serem programadas [SCHEER, A. W. - 1993]. Assim, da mesma forma com que o sistema de Planejamento da Produção passa um planejamento das ordens de fabricação, o sistema de manutenção preventiva passa o planejamento das ordens de manutenção para o sistema de Programação Visual e Controle da Produção. A manutenção corretiva, quando existir, também é administrada pelo sistema PFCP: a rede de coleta de dados fornece ao sistema constantemente uma visão atualizada do chão-de-fábrica. Assim, no caso de alguma quebra de equipamento o PFCP imediatamente é informado, podendo notificar a equipe

le manutenção [BOSE, P.P. - 1984]. Ainda mais importante que isso, o sistema pode planejar uma alternativa de programação, buscando a melhor alternativa e caracterizando o PFCP: como um sistema de programação dinâmica [MELLO, M.C.F.; ROZENFELD, H. - 1993], [MELLO, M.C.F.; BREMER, C.F.; ROZENFELD, H. - 1993].

- **Custos**

Produtos orientados ao consumidor levam a uma maior complexidade no cálculo dos custos, pois neste caso os custos indiretos têm uma grande participação na composição do custo total. Nestes casos, a abordagem de custeio baseado em atividade (ABC - Activity Based Costing) mostrou-se a mais adequada [OSTRENGA, M.R.; OZAN, T.R.; McILHATTAN, R.D.; HARWOOD, M.D. - 1993]. Dentro da filosofia do ABC, mesmo os custos diretos devem ser abordados de maneira diferente, sendo calculados em função do que realmente ocorreu durante a produção de determinado lote. Para tanto, a abordagem mais adequada é a de custeio baseado em transações, onde o PFCP é capaz de informar ao sistema de custo quais transações ocorreram durante a fabricação de todos os componentes de determinado produto ou lote de produtos.

Por outro lado, a estimativa de custos associados à fabricação é um importante subsídio às decisões de programação, tais como o uso de horas extra, de máquinas e roteiros alternativos, entre outros.

- **Transporte e Armazenagem**

O sistema de transporte, que serve ao transporte de material, peças e magazines de ferramenta, também tem seus passos e destinos vinculados à programação da produção efetuada pelo PFCP [BER, A. - 1985], [MELLO, M.C.F.; ROZENFELD, H. - 1993]. De maneira análoga e estreitamente relacionada, o sistema automático de armazenagem deve ser orientado pela programação da produção de forma a sincronizar-se com o transporte [MELLO, M.C.F.; BREMER, C.F.; ROZENFELD, H. - 1993].

- **Envio de Programas Comando Numérico (CN) para as máquinas**

De forma semelhante, a distribuição de programas CN às máquinas, feito por sistemas DNC (Direct Numerical Control - Controle Numérico Direto) deve ser coordenada pela programação da produção [SCHEER, A. W. - 1993]. Somente a partir da programação é que se

torna possível saber qual programa será utilizado em que máquina e quando [DNC: Projeto, 1988], [JABLONOWSKI, J. - 1984], [Mello, M.C.F.; ROZENFELD, H. - 1993].

- **Gerenciamento e Controle de Ferramentas**

A interface dos sistemas de Programação Visual e Controle da Produção com sistemas de gerenciamento de ferramental ocorre em diversos níveis [MELLO, M.C.F.; BREMER, C.F.; ROZENFELD, H. - 1993], [MELLO, M.C.F.; ROZENFELD, H. - 1993]:

- do PFCP para o gerenciador de ferramentas, definindo a seqüência de ferramentas a serem separadas, montadas e pré-setadas (medir a ferramenta que será utilizada e passar a medida como parâmetro para o programa CN);
- do PFCP para o gerenciador de ferramentas, informando a real utilização das ferramentas com base na coleta de dados. Essa informação é utilizada para acompanhamento de vida útil pelo sistema de gerenciamento de ferramentas;
- do sistema gerenciador de ferramentas para o PFCP, fornecendo a disponibilidade de ferramentas necessárias às operações para que estas possam ser programadas [BER, A. - 1985].

- **Controle e Garantia da Qualidade**

As questões de controle e garantia da qualidade acompanham integralmente o fluxo de materiais, começando com a recepção de materiais e terminando no controle do produto acabado. Assim, o planejamento do controle de qualidade pode ser feito da mesma forma que é feita a programação da produção, considerando-se as tarefas de controle de maneira análoga às operações de fabricação [SCHEER, A.W. - 1993].

Por outro lado, a redução dos níveis de estoque propiciado por sistemas de programação visual e controle da produção deve ser suportada por um nível tal de qualidade que não leve a interrupções da produção, levando a danos à operação do sistema de manufatura [CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N. - 1993].

- **Coleta de dados**

A integração da coleta de dados pode ser de duas formas: a coleta de dados de máquina e coleta de dados de produção. A coleta de dados de máquina (CDM) diz respeito à aquisição de dados diretamente das saídas digitais do comando das máquinas ou de sistemas inteligentes,

como por exemplo os sistemas de transporte e armazenagem. São informações geralmente sobre o status da máquina (em produção, parada, quebrada, pane, etc.). Já a coleta de dados de produção diz respeito a informações sobre o controle da produção (status de operações/ordens, operador, quantidade produzida, refugos, etc.). A aquisição dos dados de produção pode ser efetuada de forma manual (em coletores de dados), semi-automática (código de barras lido manualmente), automática (código de barras, memórias magnéticas lidos por sensores estrategicamente posicionados) e automática direta (no caso da aquisição diretamente junto aos sistemas controladores de célula, transporte e armazenagem, controladores programáveis e outros). Esta é uma integração fundamental dos sistemas PFCP, pois garante sua proximidade com a dinâmica do ambiente, mesmo em ambientes extremamente automatizados. Muitos sistemas PFCP já trazem dentro de si, como uma extensão do próprio sistema, a integração com redes coletoras de dados [MELLO, M.C.F.; ROZENFELD, H. - 1993], [MELLO, M.C.F.; BREMER, C.F.; ROZENFELD, H. - 1993].

2.3.3 - SISTEMAS PFCP OFERTADOS NO BRASIL

Em levantamento feito por Corrêa e Pedroso [1996] existem mais de 90 sistemas computacionais com conceitos do PFCP, produzidos em diferentes lugares do mundo e disponíveis para uso comercial.[SANTOS, S. M. -1997]. Entre os principais têm-se:

- Factor: produto da Factrol, Inc. West Lafayette, EUA;
- Schedulex: produto da Nemetrix Limited, Ontário, Canadá;
- Leitstand F1-2: produto da IDS, Alemanha;
- AHP - Leitstand: produto da AHP Havermann & Partner, Alemanha;
- Auto-Sched: produto da Auto Simulations, Utah, EUA;
- Moopi: produto do Berclain Group Inc., Quebec, Canadá;
- Rythm: produto da I2 Technologies, Dallas, EUA;
- MPSwin: produto da Bridgeware Inc., Hayward, CA,EUA;
- Goal System: produto da Goal System Inc., New Heaven, EUA;
- Infor: produto da Infor GmbH, Alemanha;
- CA-Quick response engine: produto da Computer Associates Int., NY, EUA;
- PaceMaker: produto da Paragon Management Systems Inc.,CA, EUA;

- Response Agent: produto da Red Pepper Software Co., San Mateo, CA, EUA;
- Fact: produto da Orissa International, CA, EUA;
- Micro Planner: produto da Micro Planning Int., San Francisco, EUA;
- Metashop: produto da Metatron Corp., Beaverton, EUA;
- Jobbing: produto do Instituto Nacional de Tecnologia, Brasil;
- Preactor: produto da Systems Modeling Corp, EUA.

2.3.4 - SISTEMA PREACTOR 300

O Preactor é um software desenvolvido, divulgado e mantido pela The Cimultation Centre LTD, do Reino Unido (UK) e distribuído pela Systems Modeling Corp. (USA). O Preactor oferece uma família de produtos, que compreende os seguintes sistemas [LOUREIRO F.M.; - 1997]:

- PR 200 (programação com uma restrição);
- PR 300 (programação com múltiplas restrições);
- PR 400 (algoritmo baseado em simulação);
- PR 500/PR600 (não lançados) integrado com o ARENA.

Tendo em vista a implantação do PFCP discutido nos capítulos três e quatro, somente citaremos as características do Preactor PR 300 que será o software utilizado.

Características Técnicas do Preactor 300:

- plataforma: necessita de um microcomputador PC compatível com processador 486SX ou melhor, com no mínimo 8Mb de memória RAM.
- modularidade: o sistema não é fornecido em módulos, sendo que o módulo básico permite a alocação manual e automática de operações.
- coleta de dados: recebe os dados através de arquivos texto padrão ASCII, Active X Servers. Periodicamente o sistema lê este arquivo texto e introduz os dados em sua base de dados. Permite o envio de informações do PFP para o chão de fábrica através dos coletores de dados, desde que configurado para isto.
- transporte: normalmente não se deve associar um tempo de transporte entre operações do roteiro. No entanto, em função do roteiro pode-se associar um grupo

de máquinas à execução da operação de transporte, trata-se de um tempo impreciso e aproximado.

- ferramentas: não considera a disponibilidade de ferramental necessário à execução das operações até a versão PR200.
- disponibilidade de material: não verifica a disponibilidade do material a ser trabalhado, ele assume que a disponibilidade de material é responsabilidade do planejamento macro e portanto estará disponível.
- planejamento macro: a passagem de dados do PFP para o planejamento macro e do planejamento macro para o PFP é feita através da troca de arquivos texto.
- sistema gerenciador de base de dados: utiliza um proprietário, que possibilita a integração com outros sistemas somente através da importação e exportação de arquivos ou transações através das interfaces.
- função de programação automática: utiliza uma interface priorizando o atendimento dos prazos, prioridade da ordem e ocupação de carga de máquina disponível. Eventualmente outros módulos opcionais adicionados ao sistema podem alterar os objetivos do módulo básico de alocação automática, passando a considerar a redução dos tempos de preparação por exemplo.

A figura 2.6 ilustra a estrutura lógica de funcionamento do Preactor, que é baseada em cinco entidades os quais estão assim definidas:

EDIT: editor de tabelas, permite acessar dados, modifica-los, inserir ou remover;

GANTT: gráfico de Gantt. Acessa os dados e mostra conforme gráfico de Gantt;

SEQ: seqüenciador. Responsável pelos algoritmos de programação;

I/O: entrada e saída de dados de ou para outros sistemas;

SERVER: gerenciamento dos dados. Armazena e fornece dados ao sistema.

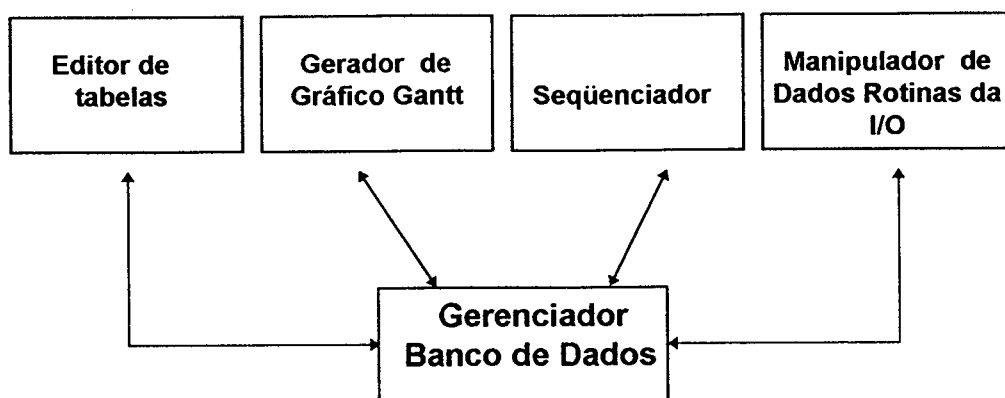


Figura 2.6 - Estrutura lógica de funcionamento do Preactor. [22]

2.4- CONCEITOS DE PLANEJAMENTO DO PROCESSO POR COMPUTADOR

Planejamento da manufatura, planejamento de processo, processamento de materiais ou roteiro de usinagem, são algumas terminologias usadas para referenciar CAPP, que pode ser definido como a atividade responsável pela conversão de dados de um projeto em instruções de trabalho, detalhando sistematicamente a seqüência de usinagem, os métodos e parâmetros de corte que serão usados para converter uma matéria bruta em peça acabada de maneira econômica, única e competitiva [EW. A N. - 1989]

O planejamento subdivide-se em dois níveis distintos:

1. Planejamento global ou macro, envolvendo atividades relacionadas ao planejamento do processo de fabricação de uma determinada peça. Inclui-se neste nível: a seleção de matéria-prima, a seleção dos processos e operações, o desenvolvimento da seqüência de operações e a seleção das máquinas e ferramentas;
2. Planejamento detalhado ou micro, envolvendo o planejamento de detalhes relativos a cada operação individualmente. Incluem-se: a determinação de planos de corte, os cálculos dos parâmetros de corte, a seleção das ferramentas e fixações, as superfícies de referências e cálculo de usinagem [SILVA; A D.P.-1990].

Dentre as várias etapas para análise e planejamento de um processo de fabricação por usinagem podemos destacar:

- análise do desenho;
- seleção de matéria-prima;

- seleção dos processos e operações;
- desenvolvimento da seqüência de operações;
- seleção das máquinas e ferramentas;
- seleção de ferramentas;
- parâmetros de corte;
- fixação de peça;
- seleção das superfícies de referência.

A criação deste plano, com estas e outras etapas, faz-se necessário para a eficiente operação das empresas. Uma vez que se tenha o projeto do produto, o trabalho do planejamento do processo pode exercer um impacto sobre custos, qualidade e taxas de produção maior do que qualquer outra atividade no âmbito da empresa.

Ao contrário do projeto, onde a representação gráfica significa a maior parte das informações necessárias, o planejamento do processo é caracterizado pela grande diversificação das informações envolvidas.

A utilização dos planos de processo varia de empresa para empresa, podendo em alguns casos, ser pouco mais do que uma sugestão sobre quais máquinas devam ser utilizadas na fabricação de determinadas peças, e em outros, podem ser folhas de operações altamente elaboradas, as quais delineiam em grandes detalhes os métodos a serem usados no processo de fabricação. [SILVA, A D. P. - 1990].

Para a automação do planejamento de processo é necessário captar uma série de regras e técnicas que relacionem determinadas especificações de fabricação compondo às seqüências de operações. Conforme [ROZENFELD, H.-1992] tem-se os seguintes procedimentos para o CAPP:

- **Preparação do Planejamento:** quais são os dados necessários na folha de processo, prazos de elaboração, pessoas envolvidas, etc;
- **Especificação dos Dados Organizacionais:** como e onde vão ficar os dados da empresa, nome, número, código, revisão e status do plano, etc;
- **Determinação da Peça em Bruto:** interpretação do desenho e visualização da passagem da matéria-prima para a peça em bruto;
- **Determinação dos Processos de Fabricação:** identificar que operações e processos de fabricação a manufatura da fábrica é competente para realizar ou planejar;

- **Determinação das Operações e suas Seqüências:** destacar as operações que a peça em bruto vai sofrer para se transformar na peça acabada e ordená-las de modo a atender às especificações exigidas;
- **Seleção do Maquinário:** com as operações e a especificação do cliente, selecionar a(s) máquina(s) e, ao mesmo tempo, não subutilizar ou não sobrecarregar a(s) mesma(s). Às vezes pode-se fazer várias simulações para se chegar a um quadro ideal;
- **Seleção de Ferramentas:** com o conhecimento da máquina e das especificações das operações, determinar uma ferramenta que esteja disponível e cujo custo seja o mais baixo possível;
- **Determinação das Condições de Trabalho:** escolher o nível do operador adequado para realizar a operação, indicar o modo de preparação da máquina e da ferramenta (setup) e determinar o modo com que a operação deve ser realizada (indicando, por exemplo, velocidade de rotação, avanço, etc.);
- **Cálculo dos Tempos de Fabricação:** com o uso dos parâmetros de fabricação (diâmetro, comprimento, material e outros) especificar às fórmulas e/ou tabelas utilizadas para cálculo dos tempos de fabricação;
- **Especificação dos Tempos de Fabricação:** previsão dos tempos de fabricação por experiência anterior ou por medições dos tempos de peças similares;
- **Cálculo do Sobremetal:** indicação de sobra de material para que a operação possa ser realizada nas especificações (por exemplo, o sobremetal deixado para o acabamento após uma passada de desbaste);
- **Elaboração de Croquis:** ilustrar como é feita a operação para o estágio de fabricação da peça, ou para a preparação da máquina, ou ainda detalhar uma operação de forma a facilitar a interpretação para o operador;
- **Programação CN:** elaborar um programa de comando numérico que transforme a matéria-prima em produto acabado.

2.4.1 - PLANEJAMENTO DO PROCESSO CONVENCIONAL

Neste tipo de planejamento, geralmente o processista inicia a partir de um desenho de produto, que passa as seqüências do plano do processo a ser documentadas de forma manuscrita ou computacional. Atualmente a maioria das empresas utilizam computadores para documentar estes processos de fabricação, porém, estas empresas não estão utilizando sistemas CAPP, e sim editores de textos, planilhas eletrônicas, etc. As empresas que adotam estes sistemas estão propensas a entrarem num caos computacional pois, na maioria dos casos não estão protegidos por uma base de dados.

Uma grande variedade de características que atrasam a produtividade desta área de engenharia pode ser destacada:

- o setor de engenharia da empresa continua cheio de papéis;
- processistas perdem 63% de seu tempo na redação do plano e 20% na recuperação de informações;
- existe pouca integração entre o projeto e o processo;
- os prazos de desenvolvimento não são cumpridos;
- documentação que chega ao chão de fábrica é imprecisa;
- não existe uma base segura para previsão de custo;
- cada processista tem seus próprios manuais e catálogos;
- os tempos especificados são inválidos;
- medidas de padronização não vingam;
- orçamentos são demorados e imprecisos;
- alimentação do sistema PCP é demorado.

Todos esses problemas são normalmente amenizados com a contratação de um processista que passa então a realizar um trabalho pouco relacionado com o seu conhecimento sobre o processo. Eles se tornam “burocratas” técnicos e mesmo assim não conseguem realizar um trabalho preciso e no tempo necessário. [ROZENFELD, H.- 1994].

Pela burocracia do planejamento convencional, os processistas em tempos de crise levam a empresa a perder qualidade de seu planejamento de processo. A utilização de maior quantidade de pessoas envolvidas na definição dos planos, aumentam a diversificação das especificações técnicas e seu efeito tem um imediato aumento no custo do produto final.

4.2 - PLANEJAMENTO DO PROCESSO VARIANTE

Esta forma é derivada do tradicional planejamento de processos. Em um sistema variante a tecnologia de grupo e técnicas de classificação e codificação são utilizadas para catalogar as peças em famílias. As famílias são então agrupadas pelas suas características similares de fabricação, permitindo que um plano de processo padrão possa ser desenvolvido para cada família de peças. Assim, quando uma nova peça for introduzida, o plano padrão para aquela família particular é alterado, acomodando quaisquer variações requeridas na fabricação da nova peça. O plano de processo resultante se torna, dessa forma, uma variação do plano padrão, donde vem o nome variante [SILVA, A.D.P. - 1990].

O conceito de tecnologia de grupo (TG) tem sido praticado por muitos anos como parte da "boa prática em engenharia". No começo deste século, Taylor já usava um sistema que codificava e classificava peças. Porém, a formalização do conceito veio no livro "The Scientific Principles Of Group Technology" de S.P. Mitrofanov. [EW, A.N. - 1989].

A Tecnologia de Grupo considera que muitos problemas são similares e que, se forem agrupados por similaridade, uma única solução poderá resolver tais problemas, economizando tempo e dinheiro.

A aplicação da Tecnologia de Grupo se dá tanto na área de fabricação como em projetos. Na fabricação pode-se ver que existem peças de formas e funções diferentes, mas que requerem processos de fabricação semelhantes como mandrilamento, faceamento e furação. Portanto, existe uma similaridade entre as peças, e seu agrupamento formará uma família de produção. No projeto de peças, agrupam-se aquelas que possuem formas semelhantes. Assim, um novo projeto pode ser feito apenas modificando-se algumas características de um componente já existente. Desta maneira, as peças com projeto semelhante formarão famílias de projeto.

Estes conceitos facilitam o trabalho de planejamento de processos. Como as peças são agrupadas por similaridade, basta a elaboração de um plano de trabalho que englobe essas características comuns, resultando então num plano padrão. Ele deverá ser de fácil adaptações às características particulares de cada peça que compõe a família.

De um modo geral, a forma variante de planejamento de processos apresenta dois estágios: um estágio preparatório e outro de produção. Durante o estágio preparatório as peças existentes são classificadas, codificadas e finalmente agrupadas em famílias.

Uma vez montada a família de peças, o passo seguinte consiste em elaborar o plano padrão para os componentes desta família. O plano padrão é armazenado numa base de dados e indexado com o código da matriz família.

O estágio de produção ocorre quando o sistema já está operando. Ocorre quando uma nova peça, um novo projeto vai ser executado. Primeiramente, a peça é analisada e codificada. Este código é colocado numa rotina de pesquisa que tentará enquadrar esta peça em uma das famílias existentes. O código da família resgatará o plano padrão e o operador (ou processista) irá proceder às adaptações do plano à nova peça. Este estágio é mostrado na figura 2.7 [EW, A.N. - 1989].

Na utilização das técnicas de T.G. a codificação e a classificação de peças são dois aspectos de fundamental importância para uma correta formatação de famílias.

A codificação estabelece símbolos que comunicam determinados atributos das peças. A classificação é o processo onde as peças são separadas em grupos de acordo com as suas semelhanças.

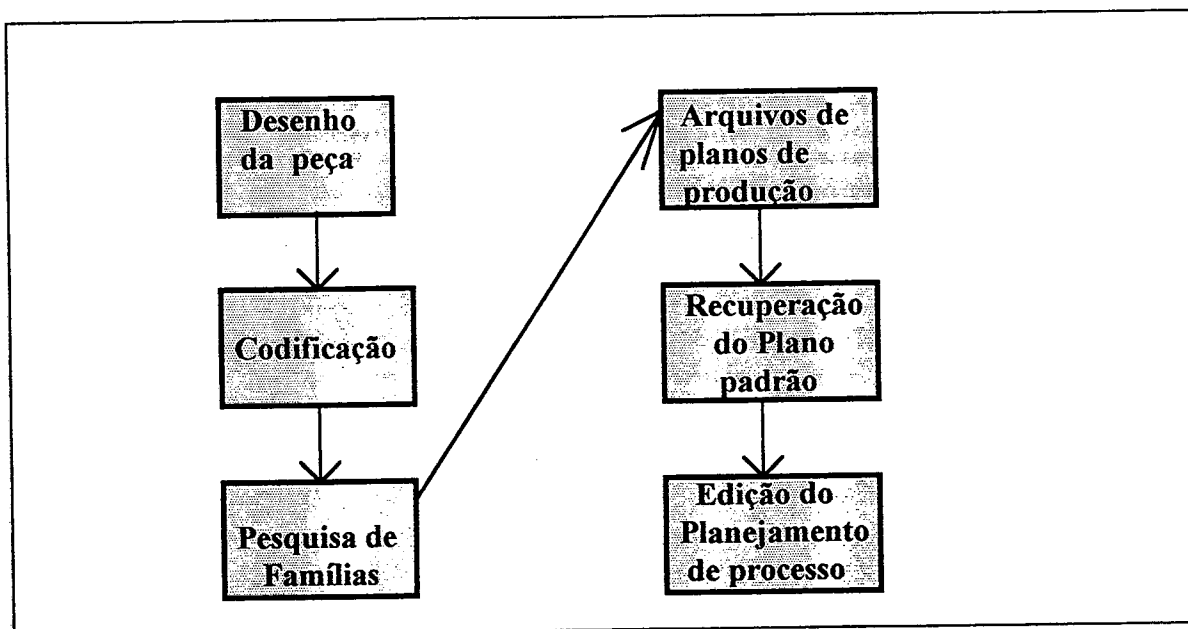


Figura 2.7 - Estágio de produção. [10]

Para as aplicações em T.G., um sistema de codificação e classificação deve satisfazer, dentro do possível, os seguintes requisitos [EW, A.N. - 1989]:

- abrangência: deve abranger todos os itens existentes na produção ;

- mutuamente exclusivo: deve ser capaz de excluir peças diferentes e incluir peças semelhantes;
- deve estar baseado em características visíveis e permanentes;
- específico para as necessidades do usuário;
- adaptável ao processamento por computador;
- aplicável em todos os setores da empresa.

Na figura 2.8 está sendo apresentada as vantagens e desvantagens do método variante

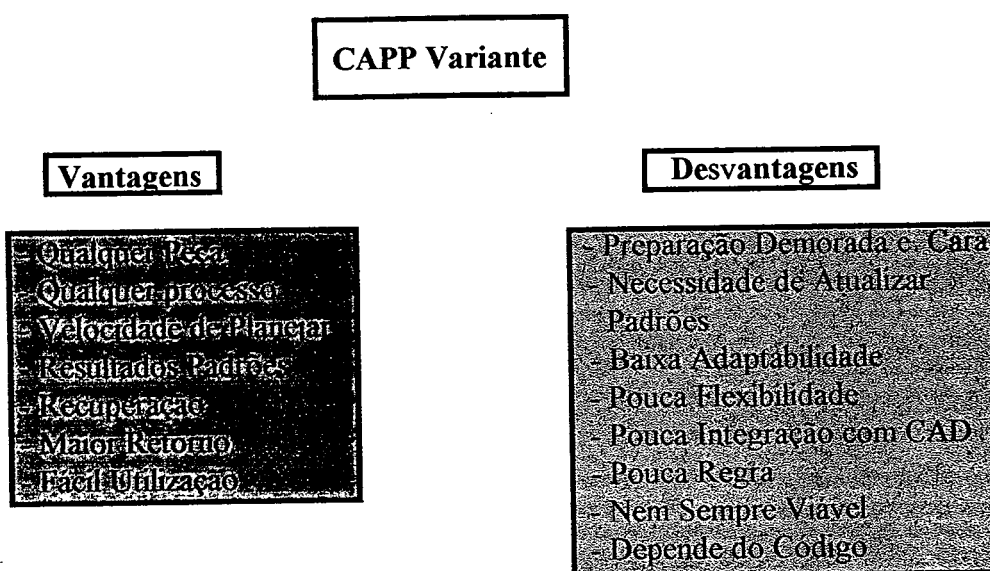


Figura 2.8 - Método Variante. [32]

2.4.3 - PLANEJAMENTO DO PROCESSO GENERATIVO AUTOMÁTICO

A forma generativa de planejamento de processos pode ser concisamente definida como a geração de um plano de trabalho a partir de informações de projeto contidas numa base de dados, sem a intervenção do operador. Uma vez recebido o modelo do projeto, o sistema é capaz de selecionar as operações e a seqüência de trabalhos necessários para fabricar a peça [EW, A.N. - 1989].

O processo generativo deve conter o conhecimento de manufatura codificado em forma de *Software*. Através de decisões lógicas, a forma generativa de planejamento de processos tenta imitar a flexibilidade de um processista na execução de funções como seleção de ferramentas, máquinas - ferramentas, parâmetros de corte, instruções de operações, etc.

Na figura 2.9 estão apresentadas as vantagens e desvantagens do método generativo automático.

A forma generativa, no sentido estrito, é aquela onde todas as decisões inerentes ao processo são tomadas pelo software, que também exerce um gerenciamento sobre todas as variáveis envolvidas, tais como: capacidades dos meios de produção, custos, tempos, materiais, estoques de ferramentas, etc. Este ideal de flexibilidade atualmente ainda não é atingido.

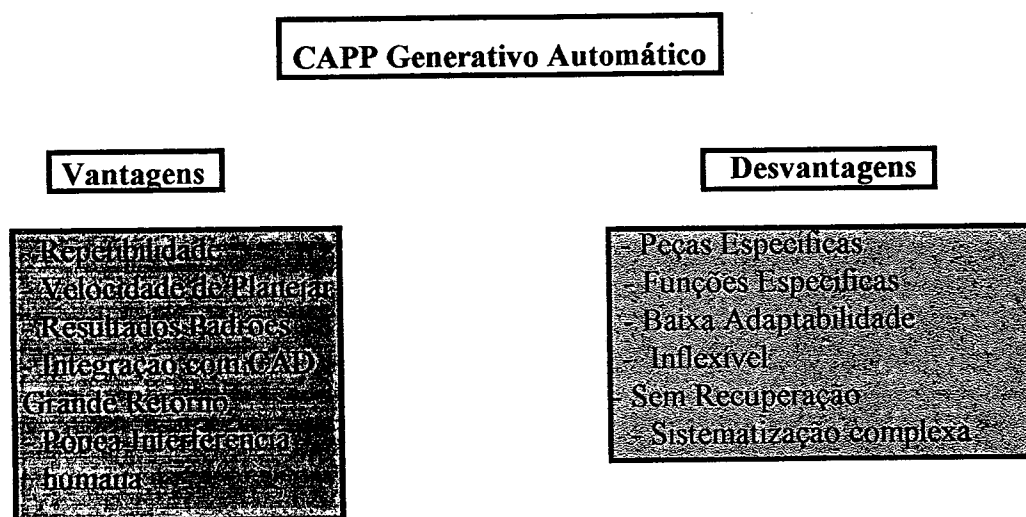


Figura 2.9 - Método Generativo Automático. [32]

O que existe são sistemas generativos aplicados a determinados tipos de operações, como por exemplo: torneamento, fresamento e corte de chapas.

A aproximação de sistemas existentes com a forma generativa conceitual vem sendo pesquisada na intenção de serem ultrapassados obstáculos como a identificação e armazenamento da tecnologia de vários processos de fabricação e a definição das formas da peça. Esta última, deve ser feita de forma clara e precisa, para que a lógica de processamento saiba como interpretar a geometria e identificar as superfícies que serão trabalhadas.

Há várias maneiras de dar entrada de dados nos sistemas generativos. Entre elas estão os códigos, a linguagem descritiva e a modelagem via CAD. [EW, A N. - 1989]

- **Códigos** - A codificação é mais comumente usada na forma variante (tecnologia de grupo). Mesmo assim, alguns sistemas generativos, como APPAS e GENPLAN, também usam a

codificação como entrada de dados. Os códigos no sistema generativo são mais detalhados e algumas vezes aglutinam valores de parâmetros.

No sentido de determinar a seqüência de fabricação, é apropriado dar um código para a peça, pois assim são atribuídas informações globais à ela. Entretanto, no processamento de detalhes, é necessário a codificação de superfícies. Um código de superfície normalmente descreve a forma, dimensões, acabamento e tolerância desta.

Embora o uso de códigos de superfície seja mais fácil para manejar e armazenar, é difícil gerar automaticamente o código (via software). Nesse caso, a intervenção humana facilitaria a transmissão de informações do projeto para o sistema de planejamento do processo.

- **Linguagem Descritiva** - As linguagens especialmente concebidas para descrever peças podem fornecer informações bastante detalhadas para o sistema de planejamento de processo.

Embora as linguagens descritivas forneçam os elementos completos para a geração de um plano de trabalho, o problema principal - a dificuldade de assimilar o desenho original automaticamente - ainda persiste.

- **Modelamento via CAD** - Um projeto de uma peça em um sistema CAD, gera um modelo que pode ser usado como entrada de dados para o sistema de planejamento de processos. Esta forma elimina a intervenção do operador para traduzir um desenho em códigos de linguagem. Um desenho modelado num sistema CAD pode conter todos os dados necessários para uma completa análise de planejamento. Entretanto, ainda existe uma barreira que deve ser transposta - um algoritmo que identifique as superfícies que serão trabalhadas, na base de dados do CAD. Esse pré-processador analisará os arquivos gráficos, extraindo dados como dimensões, tolerâncias e demais características de cada superfície. Esses dados irão alimentar o sistema CAPP, fazendo com que exista uma perfeita integração entre os atos de projetar e planejar os processos de fabricação.

2.4.4 - PLANEJAMENTO DO PROCESSO HÍBRIDO

O CAPP híbrido agrupa características de variantes e generativos. Baseia-se na essência do método generativo e incorpora algumas ferramentas disponíveis ao CAPP variante, principalmente conceitos de Tecnologia de Grupo, trabalhando de forma puramente interativa.

Por chegar mais próximo aos generativos, reduz a interação com os usuários, através de características como seqüências padrão de operações, tabelas de decisão e formulações matemáticas adicionais. Não é completamente generativo, mas pode ser extremamente útil em termos de ganhos de tempo e custo. O CAPP híbrido pode ser tratado como um estágio de transição rumo ao generativo puro. [EW, A.N. - 1989].

2.4.5 - CONSEQÜÊNCIA DO USO DE PLANO DE PROCESSO

A figura 2.10 resume as conseqüências de se utilizar um plano de processo em uma empresa [ROZENFELD H. 1992].

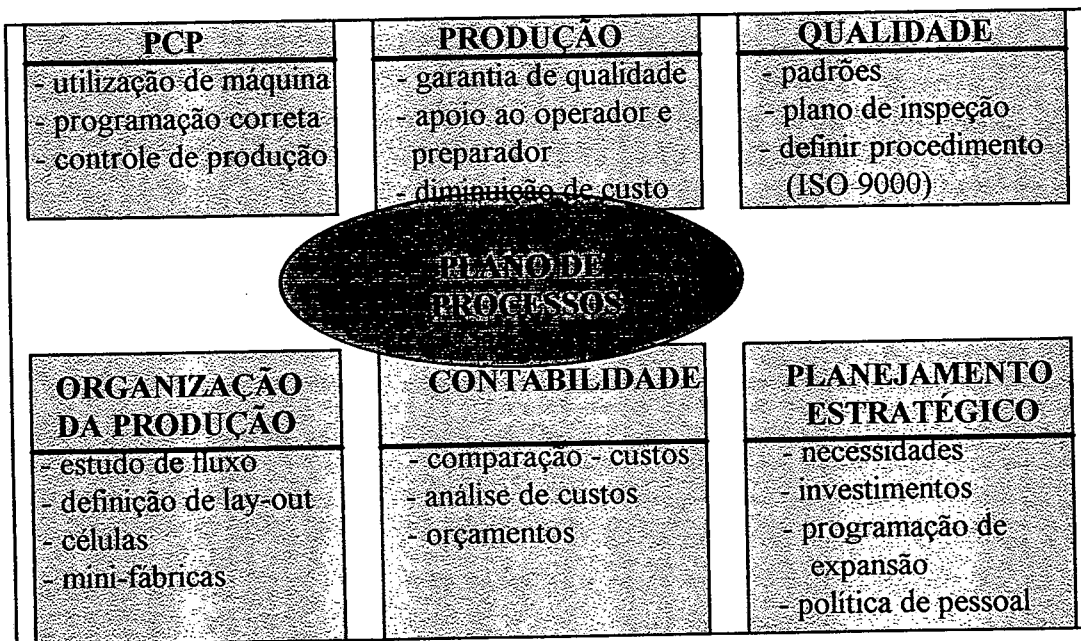


Figura 2.10 - Conseqüência do uso de planos de processos. [38]

O PCP necessita da seqüência de operações e os seus tempos, resultantes do planejamento de processo, para definir a utilização dos equipamentos conhecida como carga-máquina. Essas informações são importantes para se calcular a capacidade da empresa para atender aos pedidos dos clientes. Na produção as informações do plano de processo ajudam a garantir a qualidade, pois descrevem o melhor método para se chegar ao produto. Constituem, tanto para o preparador da máquina como para o operador, uma fonte de consulta e um ponto de referência. Na qualidade do produto os planos de processos influenciam definindo padrões e facilitando a reprodução do produto em cadeia. Para isso, a descrição das operações podem incluir instruções

para inspeção do produto. Os tempos definidos no plano de processo são utilizados para calcular o orçamento de cada componente, ainda que estes possam ser analisados na fase de engenharia e comparados previamente a soluções tecnicamente equivalentes. Pode-se também estudar os fluxos das peças fabricadas e escolher novos lay-outs para os equipamentos de modo a otimizar o fluxo de material e o custo a ele associado. Para o planejamento estratégico, tem como consequência a simulação de futuras demandas baseadas na previsão de vendas, com a definição e necessidade de contratação de pessoal, compra de material e equipamentos e, até, de ampliação das instalações.

2.4.6 - RAZÕES E REQUISITOS PARA APLICAÇÃO DO CAPP

Com a aplicação do CAPP obtém-se informações confiáveis. A empresa que trabalha com um sistema de informações distribuído poderá ter estas informações acessadas em qualquer local da empresa, garantindo a rápida adaptação dos procedimentos a eventuais mudanças de planejamento [ROZENFELD, H-1992]. Trabalhando com padrões e deixando o processista com mais tempo para se dedicar ao processo, os sistemas CAPP fazem com que a qualidade das informações dos processos aumentem.

O CAPP adquire importância crescente dentro da filosofia CIM, por viabilizar a integração CAD/CAM. Alguns autores afirmam que a integração parcial CAD/CAPP/CAM é o primeiro passo rumo ao CIM [ROZENFELD, H. - 1994].

Os sistemas CAPP estão se tornando mais flexíveis no ponto de vista de atender as necessidades de produção das mais variadas empresas. Para tanto seus requisitos podem ser listados como:

- rodar de forma distribuída em diferentes ambientes;
- ser ajustado à realidade de cada empresa;
- trabalhar com base em padrões estabelecidos pelos usuários;
- possuir uma boa interface homem-máquina ;
- ser fácil de ser implantado de forma gradativa;
- eliminar o tempo de escrita dos processistas;
- permitir a criação de representações gráficas com base em sistema CAD;
- trabalhar integrado com outros sistemas de engenharia;

- fornecer dados aos sistemas de planejamento de produção conforme necessidades específicas;
- permitir o acesso de vários grupos de usuário com funções distintas;
- possibilitar a incorporação de novos módulos para aumento contínuo do seu nível de automação;
- ser uma base de informação para análises de diversos tipos em planejamento de processos;
- utilizar padrões internacionais de interface.

2.4.7 - SISTEMAS CAPP EXISTENTES

Desde cedo, se reconheceu a possibilidade de realizar o planejamento do processo a partir da representação gráfica da peça no computador (CAD). Mesmo assim, os recursos computacionais de software e hardware constituíram-se em fortes limites, segurando os desenvolvimentos na área, até o início dos anos 70.

Em 1976, foi desenvolvido, sob a direção de CAM - I (Computer Aided Manufacturing - Internacional), o primeiro sistema CAPP, que recebeu o nome de CAPP System. Este sistema foi baseado no método **Variante**. No mesmo ano, e com base no mesmo método, constatou-se o aparecimento de outro sistema, o MIPLAN, desenvolvido pela OIR (Organization of Industrial Research), também **Variante**.

Em 1977, Wisk apresentou um sistema **Generativo**, APPS (Automated Process Planning and Selection). A partir daí, o CAPP foi centro de inúmeros estudos e pesquisas. Já na década de 80, o grande avanço das ferramentas computacionais possibilitou o surgimento de mais de 200 sistemas CAPP, entre os quais destacam-se 14 sistemas principais listados na tabela 2.1 [RIBEIRO C. E. S. - 1997].

Sistema	Forma da Peça/ Processo de Fabricação	Método de Planejamento	Linguagem de Programação	Referências e datas	Local de Desenvolvimento
APPAS	Furação/ Retificação	Generativo	Fortran IV	Wysk/1977	Purdue U./USA
AUTAP	Rotacionais / Chapas	Generativo	Fortran 77	Evershein/1975-1980	WZL/ Alemanha
CADCAM	Furação	Generativo	Fortran	Chang e Wysk/ 1980-1985	VIP e SU/USA
CMPP	Rotacionais	Generativo	Fortran 77	Austin/1982-1986	UTRC/USA
EXCAP	Rotacionais	Generativo	Prolog	Wright/1981-1987	UMIST/UK
GARI	Furação	Generativo	Maclisp	Wolf/1981-1985	Grenoble/Francia.
GENPLAN	Todas	Variante/Generativo	Maclisp	Tulkoff/1987	Lockheed-Geor/Usa
ICAPP	Prismáticas	Generativo	Fortran	Wright/1981-1987	UMIST/UK
KAPPS	Rotacionais / Prismáticas	Generativo	Lisp	Tulkoff/1986-1987	Logan Ass./USA
MIPLAN	Rotacionais / Prismáticas	Variante	M-basic	Houtzeel/1976	OIR e GE Co./USA
MULTI-CAPP II	Todas	Variante	Fortran	OIR news advance/1986-1987	OIR/USA
SIPPS	Todas	Generativo	Fortran 77	Liu e Allen/1986	Southampton U./U.K.
TOM	Rotacionais	Generativo	Pascal	Matsushima/1982-1987	U. de Tokyo/Japão
XPLAN	Todas	Generativo	Fortran 77	Alting/1984-1988	Tech. U. DK/Dinamarca

Tabela 2.1 - Sistemas CAPP.

Mesmo com todo esse desenvolvimento, não se cumpriram algumas previsões feitas pela SME (Society of Manufacturing Engineers), quais rezam, em 1988 os computadores iriam gerar automaticamente 30% de todos os planos de processos e até 1990, 20% das indústrias de manufatura utilizariam sistemas integrados MRP e CAPP com 50% dos planos gerados por computadores [TULKOFF J.- 1987; WYSK, R.A; CHANG, T.C.- 1985].

Mais recentemente Rozenfeld - [1992] estudou 127 sistemas CAPP, dos quais foram analisados 41 e selecionados 12 por serem mais atuais e possuírem características para uma aplicação prática. Foram eles ADIPLAN, AVOPLAN, CPLAN, CAPP, ET-CAP, ENGIN, IntelliCAPP, LOGAN, MetCAPP, MIPLAN, PART e SuperCAPPE.

O ambiente integrado CAPPE, foi o software escolhido para a simulação integrada com o Preactor 300. Ele contempla uma série de sistemas voltados à concepção do produto e à determinação dos recursos de manufatura necessários a sua fabricação. Com um conceito de integração, o CAPPE mantém todos os dados industriais dos produtos armazenados em um RDBMS (Relational Data Base Management System). Com isto, consegue-se alta conectividade com outros sistemas existentes nas empresas.

O ambiente CAPPE foi desenvolvido pela empresa KSR Consultoria e Sistemas para Engenharia.

A figura 2.11 apresenta os módulos do sistema CAPPE. [RIBEIRO C.E. S.- 1997]

O sistema CAPPE permite:

- confecção de processos padronizáveis, tanto para montagem quanto para usinagem;
- seleção de ferramental segundo critérios definidos pelo usuário;
- associação de desenhos às ferramentas, máquinas e operações;
- cálculos de tempos de fabricação produtivos e improdutivos;
- cálculos de condições de usinagem flexíveis para cada operação;
- controle de aprovação dos processos;
- controle completo de revisão das modificações;
- cópia de processos ou operações (“Copy and Paste”);
- criação e gerenciamento dos detalhamentos de uma operação feitos com o sistema;
- geração de estrutura de produto;
- geração de processos semi-automáticos;

- geração automática de desenhos de ferramental;
- suporta vários padrões de sistemas CAD;
- possui sistemas de comunicação de dados via textos;
- possui módulos para tecnologia de grupo.

O sistema CAPPE roda no ambiente DOS e Windows 3.x ou superior, acessando base de dados Oracle, Sybase e Sybase Anywhere.

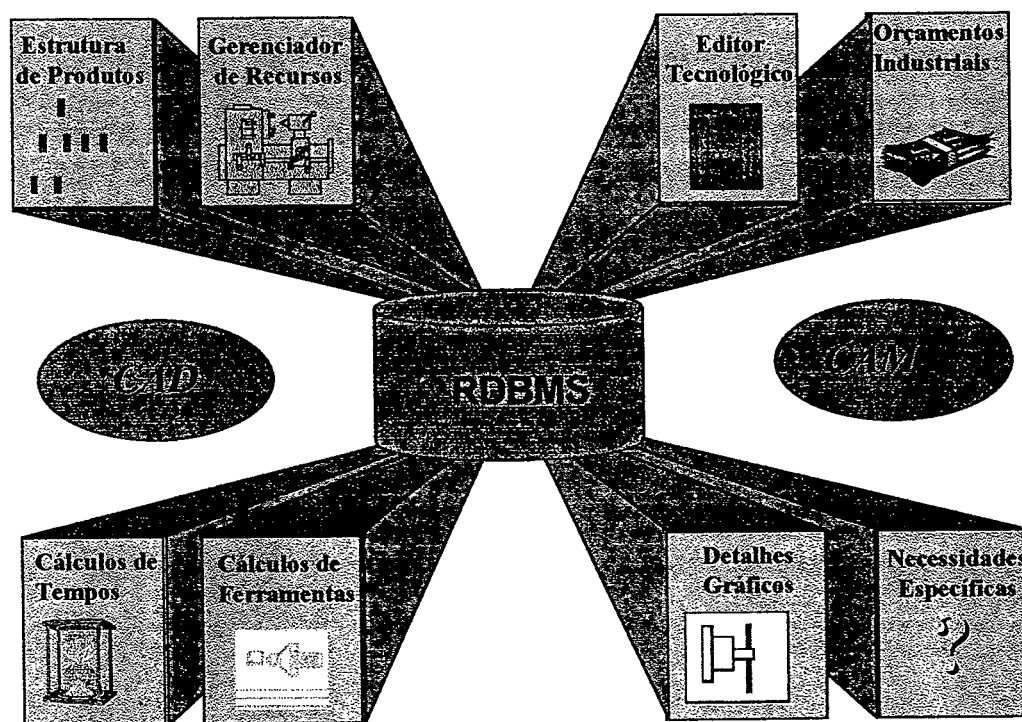


Figura 2.11- Módulos do Sistema CAPPE. [32]

2.5 - PESQUISA DE ARTIGOS DA ÁREA

Segundo EVERSHEIM [1989] a área de planejamento do processo, apesar de ser um dos pontos chaves para se obter produtividade e alta qualidade, não acompanhou os novos desenvolvimentos ocorridos nas outras áreas. Ele conclui que há um descompasso dentro da estrutura industrial, uma vez que o planejamento do processo é o elo de ligação entre o projeto e a produção.

HAM e LU [1988], afirmam que o propósito do planejamento do processo é selecionar e definir em detalhes, os processos a serem executados em uma peça, de maneira econômica, de acordo com as especificações do projeto. E o resultado disso é um plano de processo, também conhecido como roteiro de fabricação, folha de processo e folha de operações. Nele constam a seqüência de operações, máquinas, ferramentas, tempos de fabricação de uma peça. A conclusão dos autores diz respeito que estas informações refletem-se diretamente em vários setores de uma indústria principalmente no PCP.

De acordo com ROZENFELD e outros [1992], no sentido de racionalizar e integrar o planejamento do processo, existem muitos trabalhos sobre o desenvolvimento e a aplicação de sistemas de planejamento do processo assistido por computador (CAPP). Além disto, a maior parte desses trabalhos é realizada por universidades, sem um compromisso pragmático. Os autores concluem que normalmente os sistemas CAPP com maior sucesso são aqueles resultantes de desenvolvimento específicos dentro de empresas e que essas soluções, no entanto, por serem específicas, dificilmente poderão ser aplicadas em outros ambientes. Outra importante análise feita pelos mesmos autores diz respeito que dentro da filosofia da manufatura integrada por computador CIM o CAPP torna-se cada vez mais importante, viabilizando a integração CAD/CAM (Computer Aided Design and Manufacturing). A integração parcial CAD/CAPP/CAM é o primeiro passo rumo ao CIM. Em conjunto a esta análise citam um outro exemplo, que o sistema de PCP trabalha baseado na seqüência de fabricação e normalmente esta informação tem que ser digitada, através da integração com o CAPP elimina-se tal função.

Constataram os autores SCHÜTZER [1995] e MENON [1994], que os sistemas CAD existentes hoje no mercado não oferecem nenhum suporte para a integração informatizada com um sistema CAPP e conseqüentemente de ambos com um sistema CAM. Alguns fabricantes de sistemas CAD/CAM oferecem a possibilidade de uma transferência direta dos dados geométricos entre os dois módulos, entretanto toda a informação tecnológica, como por exemplo tolerâncias, não consta desta transferência e o processista necessita recorrer ao desenho da peça para verificar as tolerâncias definidas pelo projetista e preparar um programa NC que permita obter os valores dimensionais especificados. Portanto, afirmam os autores que nesta situação cabe ao processista tomar todas as decisões com respeito ao processo de fabricação. No caso específico da interface CAD/CAPP, o usuário precisa traduzir toda a informação puramente geométrica do sistema CAD para uma linguagem que os sistemas CAPP entendam ou seja, uma linguagem baseada em manufacturing features, além de que todos os atributos tecnológicos necessitam

também serem redefinidos. Isto significa uma duplicação de esforços e o aumento do risco de introdução de erros na cadeia de transferência de informações. Os autores concluíram que uma interface para a integração informatizada de sistemas CAD/CAPP com o objetivo de eliminar a redefinição de informações e de gerar automaticamente o processo de fabricação deve, portanto, ser necessariamente baseada em manufacturing features.

ROZENFELD [1994] menciona que uma integração completa entre uma solução MRP e CAPP só ocorreria se ambos os sistemas compartilhassem as mesmas tabelas, com a mesma lógica intrínseca. Isto significa que uma real integração de sistemas com esse grau de afinidade e superposição só ocorre quando a fase de projeto de ambos os sistemas for feita em conjunto. No entanto diz o autor, a transferência dos dados do CAPP para o MRP garante a funcionalidade desejada, desde que as modificações de processo sejam efetuadas no CAPP. Isto é factível em diversos pontos da fábrica pois o ambiente CAPP pode ser distribuído em larga difusão através de redes de computadores. Dessa forma afirma ROZENFELD [1992], cada grupo de usuários pode ter acesso à parte das funções do sistema em qualquer ponto físico da empresa. Com isso, elimina-se a necessidade de se transferir documentos via correio interno da empresa, agilizando-se as atividades de operação, liberação e complementação de um plano de processo. Pode-se então trabalhar paralelamente em um plano de processo, com cada usuário acessando um documento particular do plano.

De acordo com TIBERTI e ROZEMFELD [1995], a aplicação integrada de soluções CAD/CAE/CAPP pressupõe uma base de dados única, uma condição difícil de implantar mas que se torna viável se um único fornecedor oferecer um pacote de soluções. Mesmo assim seu sucesso é limitado, pois dificilmente um único fornecedor consegue desenvolver todas estas equações em cima de um padrão único. Em vários casos a aplicação integrada ocorre através da compatibilidade entre as diversas soluções. As interfaces padrão, por sua vez, ainda são limitadas e não se consegue transferir todas as informações que estão em um sistema para outro. A ênfase na transferência de informações é suficiente para a integração completa das atividades de engenharia suportadas por estas soluções.

Segundo VEGA e outros [1995], empresas optam pela adoção de soluções integradas, as quais giram em torno das atividades de planejamento e controle da produção e do chão-de-fábrica, tentando abranger todas as atividades da empresa. Um problema desta opção é a integração destas soluções com ferramentas computacionais isoladas e poderosas, como o CAE/CAD/CAPP/CAM, etc., para suportar atividades que não são atendidas por esses pacotes

integrados. Este problema afirmam os autores, se deve a falta de um modelo de referência para o desenvolvimento de soluções integradas. As tentativas de se obter um modelo padronizado ainda são teóricas e não conseguem satisfazer as concepções de diferentes fornecedores de software concluem os autores.

Constataram SCHULZ e SCHÜTZER[1995], que desenvolvimentos importantes também foram realizados nas áreas de planejamento (CAPP) manufatura (CAM), mas, tal como ocorreu com os sistemas CAD, eles apenas trouxeram soluções para problemas locais. Segundo os autores um sistema CAPP pode gerar um plano de processo automaticamente, mas somente quando o usuário fornece uma redefinição baseada em features de manufatura da peça. Os autores representam na figura 2.12 uma visão clara desta situação onde os sistemas CAD, CAPP e CAM representam soluções isoladas para problemas locais, mas a comunicação entre eles em relação à integração global é limitada e depende da interferência direta dos usuários. A solução para este problema é uma representação da peça baseada em feature de manufatura que possa ser entendida para todos os sistemas relacionados.

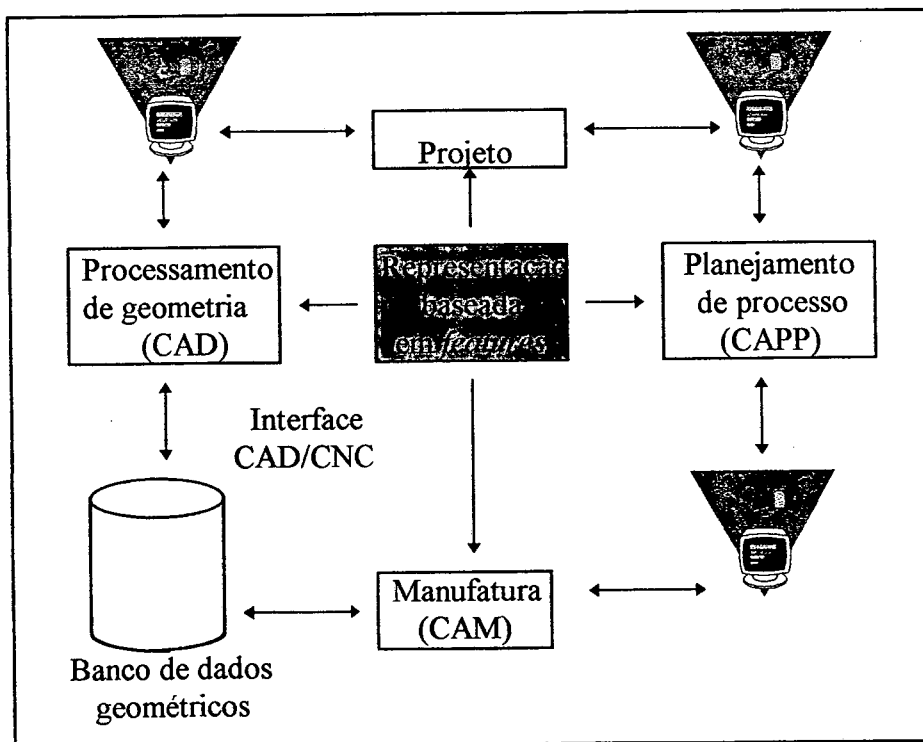


Figura 2.12 - Fluxo de Informações do CAD/CAPP/CAM. [46]

2.6 - O PCP EM AMBIENTE DE FERRAMENTARIA

O ambiente de um sistema produtivo tem como metas formular planos, definir estratégias, administrar recursos humanos e físicos. Estas atividades em seu conjunto são desenvolvidas pelo Planejamento e Controle da Produção [Tubino, - 1997].

A complexidade no sistema de produção de uma ferramentaria decorre do grande número de variáveis envolvidas nos roteamentos e tempos de processos. Por este motivo, tem-se a dificuldade de prever como o trabalho será distribuído entre os vários grupos de máquinas em qualquer período de tempo. As prioridades de entregas tornam-se mais difíceis com eventos não previstos como, quebras de máquinas, absenteísmo, atrasos na entrega de materiais e componentes, etc. Os prazos aos clientes tornam-se normalmente difíceis de cumprir, devido às flutuações dos *lead-times* (intervalos de tempo necessários para a execução de uma atividade).

De acordo com NUNES e outros [1996], a estrutura de uma empresa fabricante de produtos sob encomenda (ferramentaria) está distribuída da seguinte forma:

- negócio: produtos sob encomenda;
- variedade dos produtos: muito grande (cada pedido, normalmente um produto diferente ou mais);
- frequência de produção: não/pouco repetitiva, com lotes frequentemente unitários;
- natureza da demanda: contra pedido (a partir do pedido do cliente);
- composição do produto: produzido pela transformação de materiais a serem beneficiados através de usinagem, tratados e montados utilizando um número grande de insumos característicos de cada produto final.
- após a chegada do pedido: elaboração do projeto, definição do processo, compras, fabricação, tratamento e expedição;
- fluxo de produção: várias etapas, item acabado produzido a partir de “n” componentes fabricados.

Conforme Tubino [1997], o PCP dever ser exercido nos três níveis hierárquicos de planejamento e controle das atividades produtivas de um sistema de produção. São eles: nível estratégico, nível tático e nível operacional. A figura 2.13 apresenta a visão geral das atividade do PCP.

No nível estratégico são definidas as políticas estratégicas de longo prazo da empresa. Neste nível é que são tomadas as decisões de compra de equipamentos, aumento do número de

horas disponíveis através de contratações de recursos humanos, implementação de novas tecnologias para atuar em outra fatia do mercado, definição do tipo de produto que será oferecido (como exemplo: moldes de injeção de plásticos, moldes de sopro para plásticos, moldes de alumínio e outros). Estas informações são encaminhadas ao PCP para elaboração do planejamento estratégico de produção, que permite a montagem de um plano de produção com valores agregados de previsão de demanda. O horizonte usualmente adotado para este nível é de um ano.

No nível tático são estabelecidos os planos de médio prazo para a produção. O PCP desenvolve o planejamento-mestre de produção e através deste é obtido o plano-mestre de produção (PMP). O PMP equaciona a capacidade produtiva observando dados como: número de turnos, recursos humanos, horas disponíveis e informa a programação de fábrica.

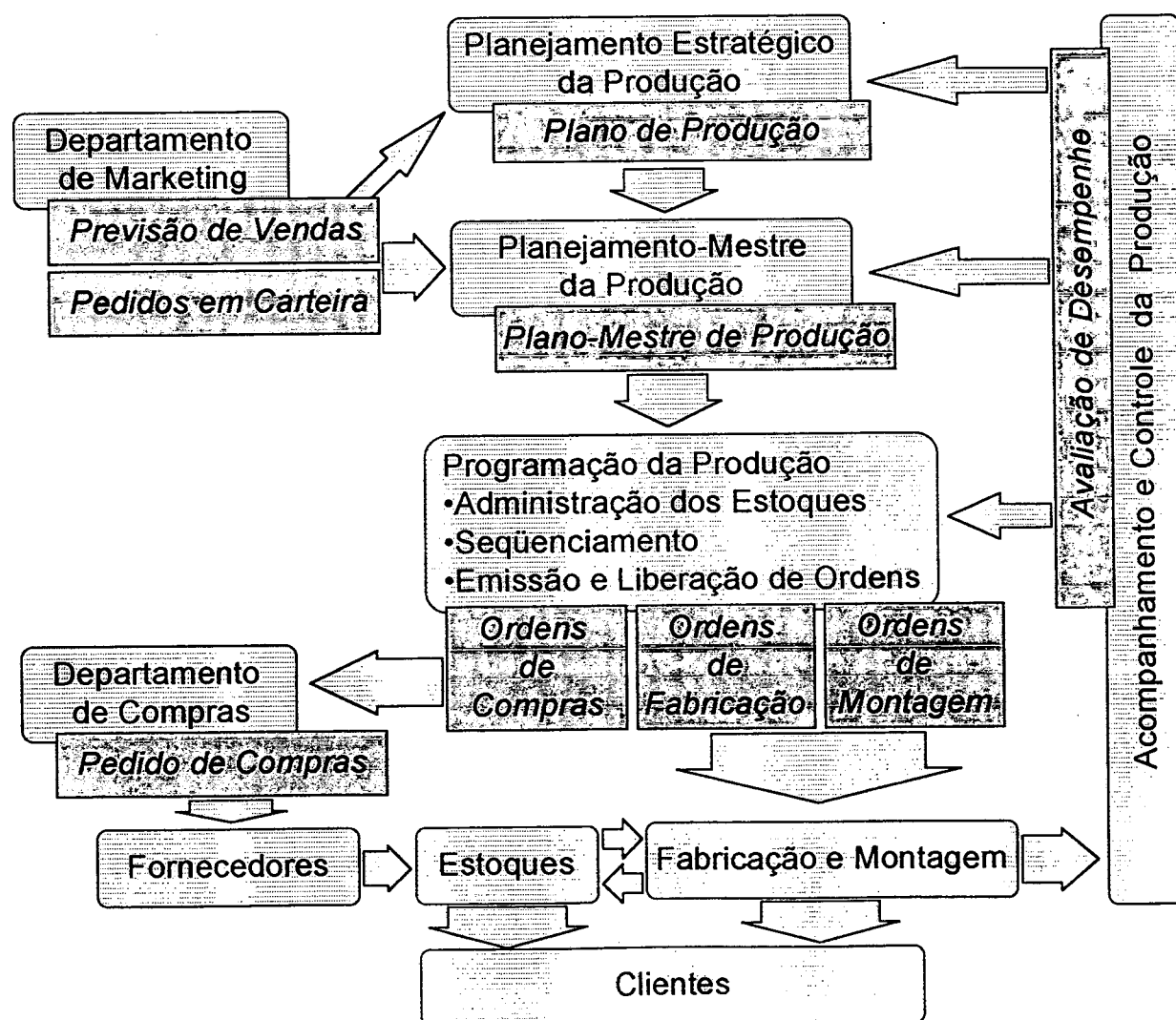


Figura 2.13 - Visão geral das atividades do PCP. [55]

No nível operacional são preparados os programas de curto prazo de produção e realizado o acompanhamento dos mesmos. O PCP prepara a programação de produção administrando o sequenciamento, emitindo e liberando as ordens de compras (OC), ordens de serviços (OS) e ordens de montagem (OM). Neste nível também é executado o acompanhamento e controle da produção.

As informações dentro destes três níveis devem estar consolidadas, ou seja o plano-mestre de produção gerado pelo planejamento-mestre da produção só será viável se estiver compatível com as decisões tomadas a longo prazo, previstas no planejamento estratégico da produção, como a aquisição de equipamentos, negociação com fornecedores etc. Da mesma forma, a programação de fabricação de determinado componente será efetivada de forma eficiente se a capacidade produtiva do setor responsável pela mesma tiver sido equacionada no planejamento-mestre da produção, com a definição do número de turnos, recursos humanos e materiais alocados, etc [TUBINO, 1997].

Conforme SANTOS, [1997] as atividades desenvolvidas pelo PCP dentro de um ambiente de ferramentaria estão assim descrita:

- planejamento estratégico da produção: consiste em estabelecer um plano de produção para determinado período (geralmente definido em um ano) segundo a disponibilidade de recursos financeiros e produtivos. No caso de uma ferramentaria, a estimativa de vendas é feita baseada em históricos e metas atribuídas à equipe de vendas ou mesmo aos representantes. Serve para prever os tipos de moldes (por exemplo moldes de até 2 toneladas, ou 5 toneladas) e quantidades de horas que se espera vender no horizonte de planejamento estabelecido. A capacidade de produção é o fator físico limitante do processo produtivo, e pode ser incrementada ou reduzida, desde que planejada a tempo, pela adição de recursos financeiros. No planejamento estratégico da produção o plano de produção gerado é pouco detalhado, normalmente trabalha com tipos de produtos, tendo como finalidade possibilitar a adequação dos recursos produtivos à demanda esperada dos mesmos;
- planejamento-mestre da produção: quando a situação é produção seriada, este consiste em estabelecer um plano-mestre de produção (PMP) de produtos finais, detalhado no médio prazo, período, a partir do plano de produção, com base nas previsões de vendas de médio prazo ou nos pedidos em carteira já confirmados. Num ambiente de ferramentaria a situação se torna mais complexa para se estabelecer qual produto será vendido e quantas peças ou conjunto este terá. Cada pedido fechado normalmente é único e deverá ser projetado para então ser

fabricado. No caso de ferramentaria o planejamento-mestre da produção só pode ser elaborado mediante os pedidos em carteira. Dependendo do tipo de empresa, e da situação do mercado, o horizonte de trabalho esta entre 60 a 120 dias de pedidos assumidos. A partir da definição do cliente o plano de produção considera famílias de produtos, o PMP especifica itens finais que fazem parte destas famílias. A partir do estabelecimento do PMP, o sistema produtivo passa a assumir compromissos de fabricação e montagem do bem. Ao executar o planejamento-mestre da produção e gerar um PMP inicial, o PCP deve analisá-lo quanto às necessidades de recursos produtivos com a finalidade de identificar possíveis gargalos que possam inviabilizar este plano quando da sua execução no curto prazo. Identificados os potenciais problemas, e tomadas as medidas preventivas necessárias, o planejamento deve ser refeito até chegar-se a um PMP viável;

- programação da produção: com base no PMP, a programação da produção estabelece no curto prazo quanto e quando comprar, fabricar ou montar de cada item necessário à composição dos produtos finais. Para tanto, são dimensionadas e emitidas ordens de compra para os itens comprados, ordens de fabricação para os itens fabricados internamente, e ordens de montagem para as submontagens intermediárias e montagem final dos produtos definidos no PMP. Em função da disponibilidade dos recursos produtivos, a programação da produção se encarrega de fazer o sequenciamento das ordens emitidas, de forma a otimizar a utilização dos recursos. No caso de ferramentarias o plano de produção deve providenciar os recursos necessários, e o PMP equaciona os gargalos, para diminuir as chance de ocorrer problemas na execução do programa de produção seqüenciado. Na ferramentaria o sistema de produção empregado normalmente é empurrado, ou seja a programação da produção enviará as ordens a todos os setores responsáveis (empurrando);

- acompanhamento e controle da produção: o acompanhamento e controle da produção, através da coleta e análise dos dados, busca garantir que o programa de produção emitido seja executado a contento. Quanto mais rápidos os problemas forem identificados, mais efetivas serão as medidas corretivas visando cumprimento do programa de produção. Além das informações de produção úteis ao PCP, o acompanhamento e controle da produção normalmente está encarregado de coletar dados (índices de defeitos, horas/máquinas e horas/homens consumidas, consumo de materiais, índices de quebras de máquinas, etc) para outros setores do sistema produtivos.

CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DA INTEGRAÇÃO DO PFCP COM O CAPP

O presente trabalho envolve a integração de um sistema de PFCP, com um sistema de computação auxiliando o planejamento do processo. Pode-se considerar a integração como o resultado dos estudos realizados, tanto na área de Planejamento Fino e Controle da Produção (PFCP), como na área do planejamento do processo assistido por computador (CAPP), associados com a tecnologia de informática. Buscou-se integrar dois softwares comerciais com características que os tornem os mais adequados possíveis para um ambiente de ferramentaria, incentivando a Manufatura Integrada por Computador (CIM).

Neste capítulo são caracterizados mais detalhadamente os sistemas de PFCP e o Planejamento do Processo assistidos por Computador. Também é abordada a localização destes dentro da CIM. A seguir são discutidos os requisitos de aplicação na CIM relativos ao domínio do PFCP sobre o CAPP e a tecnologia de informática.

3.1 - REQUISITOS PARA A INTEGRAÇÃO DO PFCP COM O CAPP

Esta seção do trabalho discute, com base nas informações levantadas no Capítulo 2, quais os requisitos de integração da programação e controle da produção com o planejamento do processo para um ambiente de ferramentaria. Os requisitos discutidos nessa seção são relativos ao domínio do problema onde o sistema de programação e controle da produção com o planejamento do processo se inserem. Como já comentado no capítulos anterior, o Planejamento Fino e Controle da Produção (PFCP) e o Planejamento do Processo assistido por computador (CAPP) de cada ferramentaria possuem particularidades. Assim, a definição de requisitos é abrangente, e até certo ponto genérica, na medida que busca características para uma gama de tipologia de ferramentarias com CIM. A definição de requisitos não é uma solução para o PFCP e o CAPP na forma da especificação de um sistema, mas sim da definição de características gerais que, na medida do possível, o projeto de integração dos sistemas deve seguir. Na seção seguinte são abordados, sob essa mesma ótica, os requisitos de um sistema para programação e controle da produção e planejamento do processo para um ambiente de ferramentaria com conceito CIM relacionados a tecnologia de informática.

No CIM, a função de programação pode ser encarada de uma forma um pouco mais abrangente do que a alocação de operações e tarefas aos recursos produtivos. Pela integração com outros sistemas do chão-de-fábrica e pelo papel de coordenadora da produção, a programação pode ser encarada como um planejamento fino, com um horizonte de médio e curto prazo. Dentro do CIM o PFCP é hierárquico e descentralizado, coordenando o CAPP, como visto no capítulo 2 item 2.3.2. Sendo assim, um sistema para programação e controle da produção para este ambiente também deve possuir essas características. A localização hierárquica de um sistema de programação e controle é caracterizada pelo horizonte de tempo sobre sua responsabilidade e qual o seu tempo de resposta [SCHEER, A.W. - 1993], sendo de sua responsabilidade horizontes de curto e médio prazo. Quanto tempo significa curto ou médio prazo, é uma definição particular de cada empresa, relacionada principalmente à dinâmica de sua produção e a sua tipologia.

A descentralização é uma forma de prover ao sistema tempos de resposta adequados, permitindo decisões locais e dados de níveis hierárquicos superiores. Os níveis hierárquicos superiores fornecem a base de informações comuns aos diversos centros descentralizados de programação e controle [ROLSTADAS, A. - 1992]. O surgimento de áreas de planejamento até certo ponto independentes torna-se necessário na medida que a constituição de ilhas de produção, centros de processamento, sistemas flexíveis de manufatura, etc. levam à diferenças técnico/produtivas entre as áreas, com reflexos sobre a programação e controle da produção de cada uma delas [SCHEER, A. W. - 1993]. O conceito de Células Autônomas de Planejamento (Autonomous Planning Cell-APC) procura formalizar essa necessidade e coloca a questão da distribuição dos sistemas de programação e controle [ROLSTADAS, A. - 1992], [SCHEER, A. - 1993]. A figura 3.1 ilustra o conceito de APC.

É requisito fundamental de um sistema para programação e controle da produção possibilitar o trabalho sobre a capacidade dos centros produtivos e análise de alternativas [BERNARDO, J.J.; MOHAMED, Z. - 1992], [SCHEER, A. W. - 1993].

Deve considerar a capacidade finita dos recursos produtivos, a disponibilidade de recursos auxiliares necessários (como material, ferramentas, dispositivos, transporte, etc.) e simular diversas situações. Também deve prover ferramentas de apoio à decisão, para escolha da simulação que representa a situação mais adequada e que será implementada na produção [PLOSZAJSKI, M.G.; SINGH, M.G.; HINDI, K.S. - 1993]. É fundamental ao sistema de

programação vislumbrar e navegar desde operações até pedidos dos clientes, passando pelas ordens de fabricação [SCHEER, A. W. - 1993].

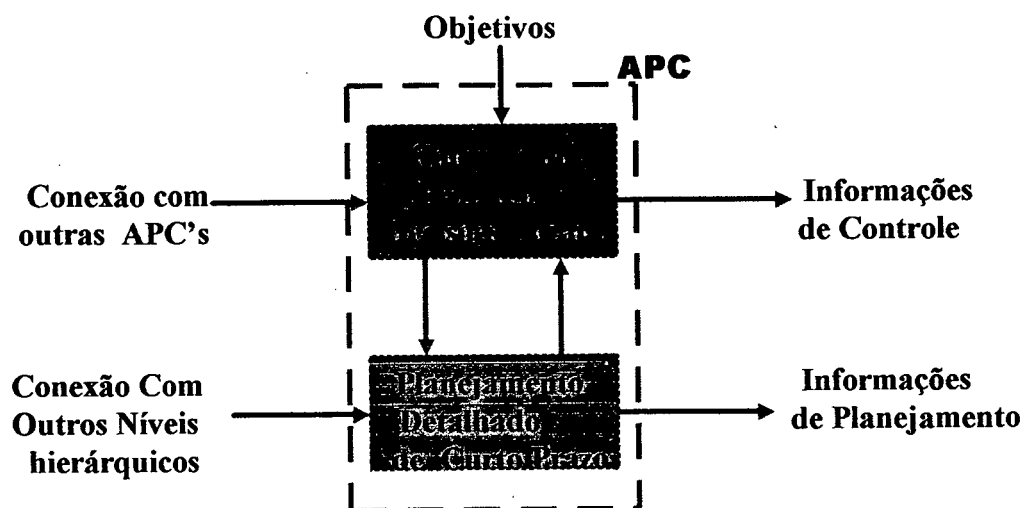


Figura 3.1 - O conceito de células autônomas de planejamento (APC). [33]

Dentro de um ambiente integrado, um sistema de programação e controle deve se integrar com elementos CAM, mas também deve conseguir inserir-se em ambientes de produção não totalmente automatizados. É fundamental que o sistema possa ser aplicado em ambientes onde coexistam processos automatizados e não automatizados [SCHEER, A.W. - 1993]. Nos ambientes automatizados, o sistema deve ser capaz de coordenar os sistemas da CAM.

Um sistema de programação e controle da produção para um ambiente de CIM deve ser extremamente flexível de forma a suportar diversos planos de processo para a mesma peça provenientes do CAPP. No entanto, quando se tratar de um caso mais simples, com poucas alternativas, essa flexibilidade com relação ao plano de processo não deve aumentar a complexidade de operação do sistema. Em outras palavras, as possibilidades de roteiros de fabricação suportados pelo sistema devem ser inúmeras, abrangendo a possibilidade mais complexa. Os casos mais simples não devem ser um novo caso, e sim um subproblema do caso mais complexo [SPANNO, M.R., O'GRADY, P.J.; YOUNG, R.E. - 1993]. Seguindo essa arquitetura, não são necessárias alterações para que o sistema suporte o caso mais simples e não é alterada a sua forma de operação.

A flexibilidade com relação ao CAPP também é importante para a programação e controle, na medida que possibilita se amenizar a criticidade de recursos gargalo e eventos imprevistos (por exemplo, quebra de máquina, absentismo, etc.) . Outra informação importante para a

programação da produção é o relacionamento das diversas possibilidades do roteiro com os custos nos quais incorrem cada uma de suas operações. Com essa combinação de alternativas de roteiro e seus custos de fabricação abrem-se os horizontes para criação de simulações e uma análise para escolha da melhor alternativa onde possa também ser considerado o custo de cada uma, entre outros critérios de escolha.

A flexibilidade com relação ao CAPP pode existir em diversas dimensões. Uma delas é a possibilidade de máquinas alternativas para o roteiro de fabricação de uma peça. Este caso é ilustrado na figura 3.2.

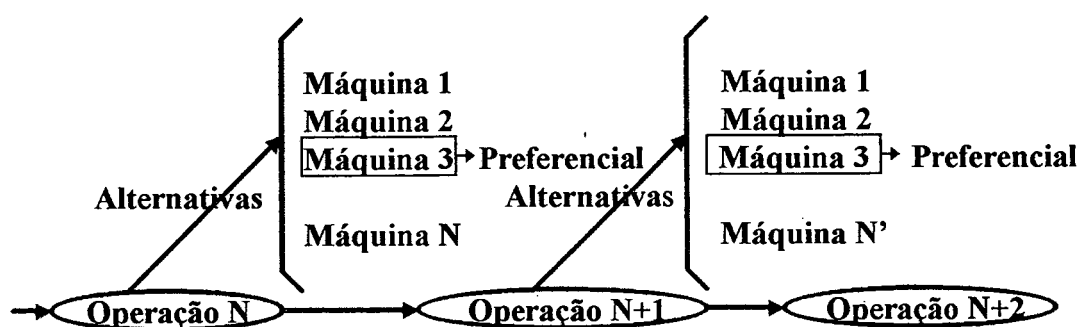


Figura 3.2 - Recursos produtivos alternativos para um mesmo processo. [51]

Neste caso, o plano de processo se mantém o mesmo, havendo para cada uma das operações a possibilidade de ser executada em diferentes centros produtivos. Mais do que isso, deve-se considerar que uma mesma operação em um centro produtivo diferente pode ter diferentes tempos de preparação e operação [LIMA, P. - 1993], [SPANNO, M.R.; O'GRADY, P. J. YOUNG, R.E. - 1993]. Também deve-se considerar a possibilidade de existência de um centro produtivo preferencial entre as possibilidades de uma operação. Isso pode ocorrer devido a critérios técnicos, de custo, de disponibilidade de carga ou de uma combinação entre eles.

Outra possibilidade com relação à flexibilidade de roteiros de fabricação é a existência de roteiros alternativos para obtenção de uma mesma peça [LIMA, P. - 1993], [NORDLAMD, G.L. - 1988] [SPANNO, M.R.; O'GRADY, P. J. YOUNG, R.E. - 1993], ilustrado na figura 3.3 neste caso, são roteiros distintos, podendo até possuir um número diferente de operações passando por diferentes centros produtivos. Também por motivos técnicos, econômicos ou de ocupação de carga de máquina provavelmente haverá a existência de roteiros preferenciais.

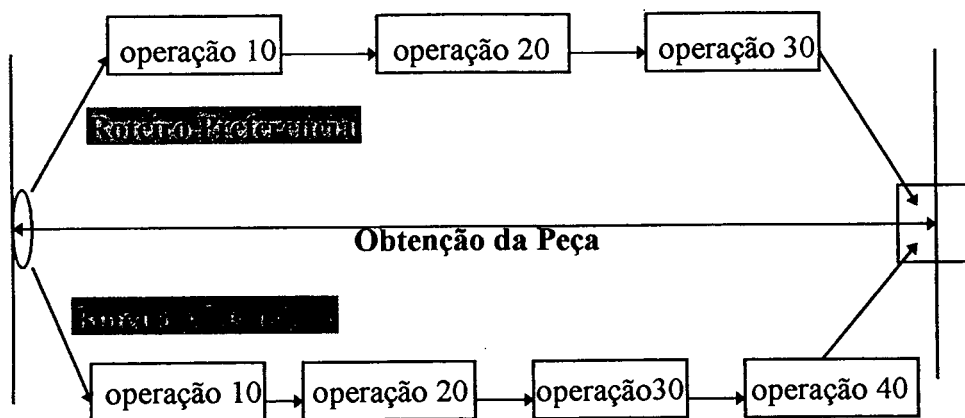


Figura 3.3 - Roteiros alternativos para fabricação de uma mesma peça. [51]

Por fim, o caso mais complexo é aquele onde existem alternativas em diversos roteiros alternativos para fabricação de um mesmo lote de peças. Neste caso o roteiro se comporta como uma rede de operações, ilustrada na figura 3.4.

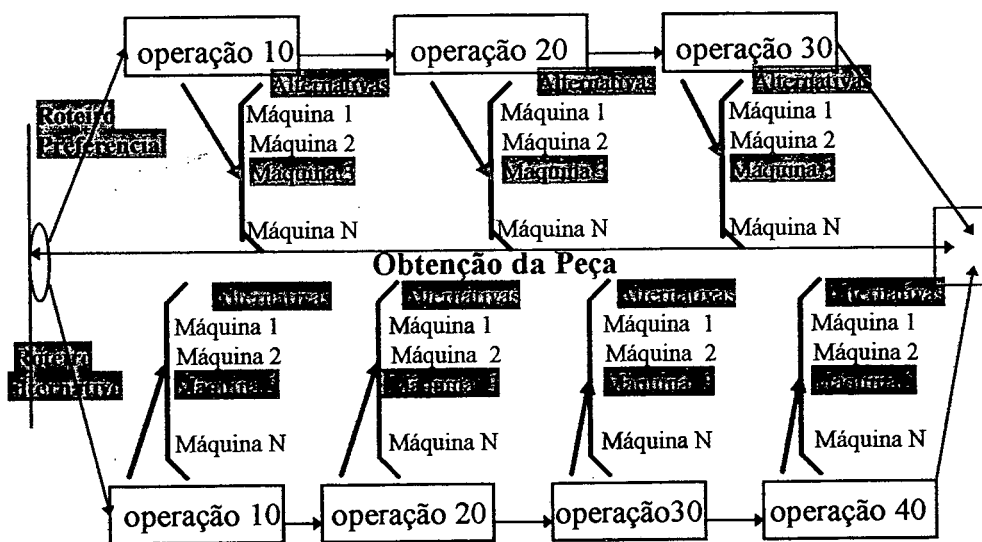


Figura 3.4 - Roteiros alternativos com recursos produtivos alternativos. [51]

Com relação à dinâmica da produção, um sistema para programação e controle da produção também deve possibilitar que se modele a existência de quantidades mínimas de transferência entre operações subseqüentes do processo (também conhecido pelo nome de “overlap”). Dessa forma, é possível, após decorrido um tempo de produção de uma certa operação, se transferir a quantidade produzida para a operação subseqüente, mesmo que não

tenha sido concluído o lote de peças especificado na ordem. O conceito de tempo de sobreposição é ilustrado na figura 3.5.

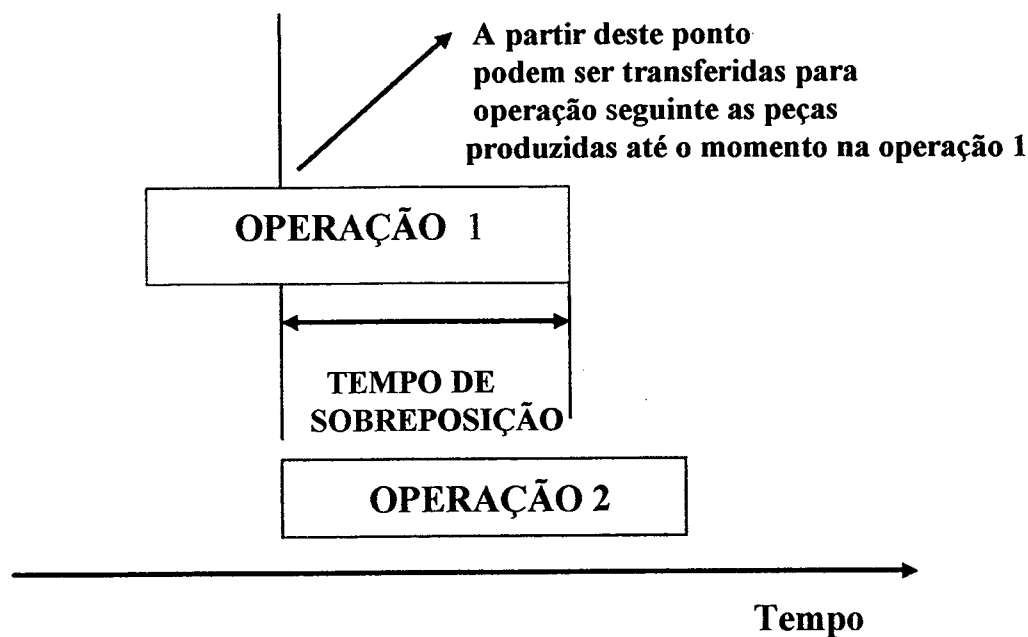


Figura 3.5 - O conceito de tempo de sobreposição. [51]

Outro aspecto que deve ser modelado em um sistema para programação e controle da produção de forma precisa, é o regime de funcionamento (ou disponibilidade) dos recursos produtivos. É através da modelagem do funcionamento dos recursos que se determina a capacidade, e conseqüentemente a ocupação, de cada recurso. A possibilidade de alteração do regime de funcionamento propicia maior flexibilidade e poder às simulações de programação. Dessa forma é possível analisar-se alternativas de produção utilizando-se horas extra, ou sem se considerar uma determinada máquina, etc.

Na programação também devem ser consideradas as disponibilidades dos recursos produtivos que são necessários ao processo. Pode-se citar primeiramente a disponibilidade de ferramentas e dispositivos necessários à execução da operação. Outra questão a ser considerada é a disponibilidade do operador. Essa passa a ser relevante na medida que os processos de fabricação tornam-se automatizados e exigem a atenção do operador por apenas uma fração do tempo total de operação. Neste caso, o operador pode ser responsável por mais de uma máquina, sendo necessário considerar sua disponibilidade quando se efetua a programação das máquinas sob sua responsabilidade.

Outro aspecto a ser considerado é a mudança da unidade utilizada para designar as quantidades em cada uma das operações do processo. Por exemplo, em uma operação a entrada é de uma folha e na sua operação subsequente entram dez cadernos, que resultaram da operação anterior.

Nesta mesma seção foram comentadas as características hierárquicas e descentralizadas do sistema para programação e controle da produção. Também foi comentada a característica de coordenação que os sistemas têm sobre os sistemas do CAPP. Essas características acabam se traduzindo em integrações do sistema de programação e controle da produção a outros sistemas. A integração pode tecnicamente ser feita de diferentes formas, que serão discutidas na seção seguinte (3.2).

3.2 - REQUISITOS DE TECNOLOGIA DE INFORMÁTICA PARA A INTEGRAÇÃO DO PFCP /CAPP

Duas características chave tornam-se cada dia mais importantes para os sistemas de programação e controle da produção e do planejamento do Processo com auxílio do computador : integração e flexibilidade. Flexibilidade, no contexto de tecnologia de informática, significa a possibilidade de que os sistemas atendam futuros requisitos gerados por mudanças organizacionais e utilização de novas tecnologias na produção. A integração, por sua vez, possui duas dimensões: integrar-se a outros sistemas já existentes na empresa, e suportar novos desenvolvimentos e a integrações com novos sistemas.

A necessidade de compartilhamento de informações do ambiente CIM está influenciando diretamente o projeto de novos sistemas de PFCP/CAPP. Pode-se perceber que o desenvolvimento para a integração da programação e controle da produção e do planejamento do processo com auxílio do computador é um interessante desafio, onde os requisitos do domínio do problema exigem um projeto de sistema complexo, que necessita utilizar os recentes avanços da informática para atender satisfatoriamente aos requisitos.

3.2.1 - INTEGRABILIDADE

Sabe-se que a troca de informações direta entre sistemas é capaz de aumentar a velocidade de um processo como um todo, quando se compara com a troca de informações através de papel

[MORI, M.; KURIYAMA, S. - 1992]. Por outro lado, para se conduzir a produção em um ambiente de CIM são necessárias informações de diversas fontes informatizadas [HODGSON, A. ; - 1993], colocando a integração de sistemas como um ponto chave para um sistema de programação e controle da produção e do planejamento do processo com auxílio do computador.

A integração, que pode ser encarada como a troca organizada de informações entre diferentes sistemas, pode ser feita de várias formas. São elas:

Integração através de arquivos de transferência de dados: é a forma mais simples de integrar dois sistemas. Os dados de um determinado sistema que são compartilhados com outro sistema são extraídos da base de dados do primeiro, na forma de um arquivo de interface conforme apresentado na figura 3.6.

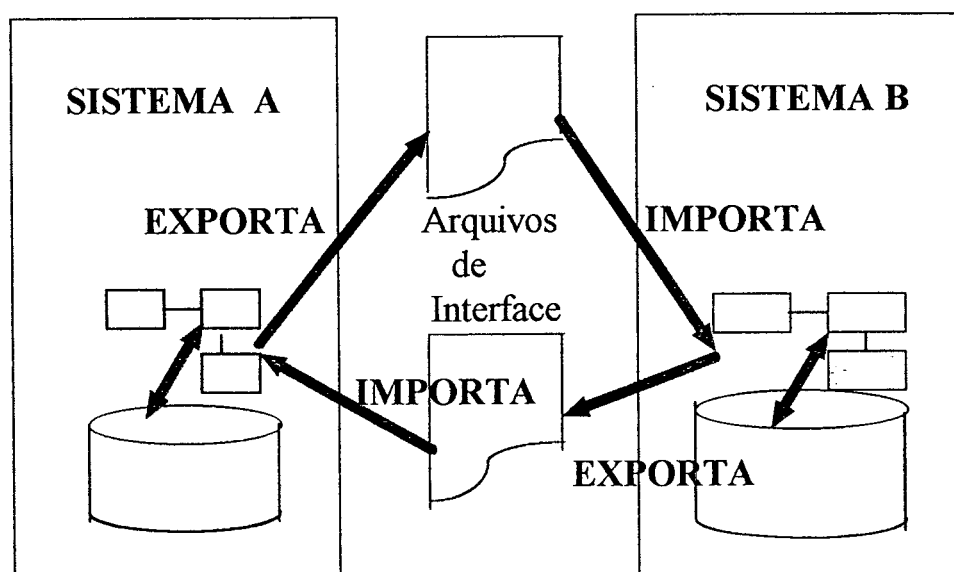


Figura 3.6 - Integração através de arquivos de interface. [15]

Normalmente o arquivo de interface é baseado no padrão texto formatado. Esse arquivo de interface é então lido e introduzido na base de dados do outro sistema. Essa forma possui a vantagem de ser extremamente simples de se implementar. No entanto, gera uma redundância de dados nos dois sistemas e não garante a atualização automática (no tempo adequado) da base de dados de um sistema, quando informações são alteradas no outro sistema. Pode ser aplicada sem problemas em casos onde alterações dos dados após uma transferência não comprometem a função do outro sistema.

- **Integração através de leitura direta da base de dados de um sistema e transferência para base de dados de outro sistema:** trata-se de um mecanismo nos sistemas integrados que diretamente acessa a base de dados do outro sistema e copia para sua própria base de dados as informações que interessam. É uma forma mais adequada que a anterior de integrar dois sistemas. Por apresentar problemas de redundância e inconsistência de dados entre sistemas, necessitando da criação de procedimentos para garantir a consistência através de “triggers” ou “snapshots”. No entanto, propicia uma forma mais prática de troca de dados entre sistemas, possibilitando uma transferência de informações mais frequentes, amenizando o problema de inconsistências.

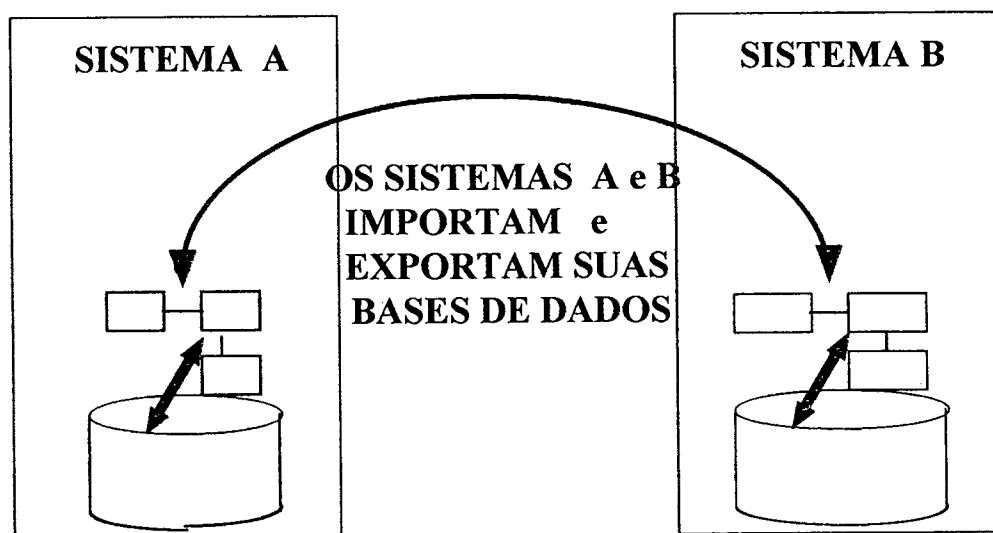


Figura 3.7 - Integração através do acesso a base de dados de outro sistema. [15]

Tecnicamente é uma integração um pouco mais complexa de se implementar que a anterior, exigindo sistemas com arquitetura aberta e eventualmente com capacidade de acessar diferentes sistemas gerenciadores de base de dados. A figura 3.7 ilustra esta situação.

- **Integração através de uma base de dados comum a diversos sistemas, onde cada um possui uma visão diferente da mesma base de dados:** essa forma de integração elimina a redundância de dados e o problema de inconsistências. No entanto, é extremamente complexa de ser implementada. Atualmente, sua implementação tem sido buscada de duas formas. A primeira forma é o projeto único de diversos sistemas que serão integrados, levando conseqüentemente a um projeto único de base de dados e, na prática, a um sistema único de grandes dimensões. Sua

dificuldade é que todos os sistemas componentes devem ser projetados em conjunto, e podem haver problemas para integrar um novo sistema ao bloco, muitas vezes gerando a necessidade de alterações profundas no projeto. A segunda forma, é orientar através de um modelo de referência o projeto de diversos sistemas diferentes, obtendo assim sistemas que podem ser encaixados aos outros através das definições do modelo de referência. A figura 3.8 representa esse sistema. Alguns grupos tem buscado a definição de um modelo de referência para CIM e o desenvolvimento de uma metodologia para projeto e implementação de sistemas que possam ser “encaixados” em um ambiente CIM. Podemos citar como um importante trabalho nessa área, o consórcio europeu ESPIRIT desenvolvendo o CIM-OSA [KOSANKE, K.; KLEUERS, T. ; - 1990].

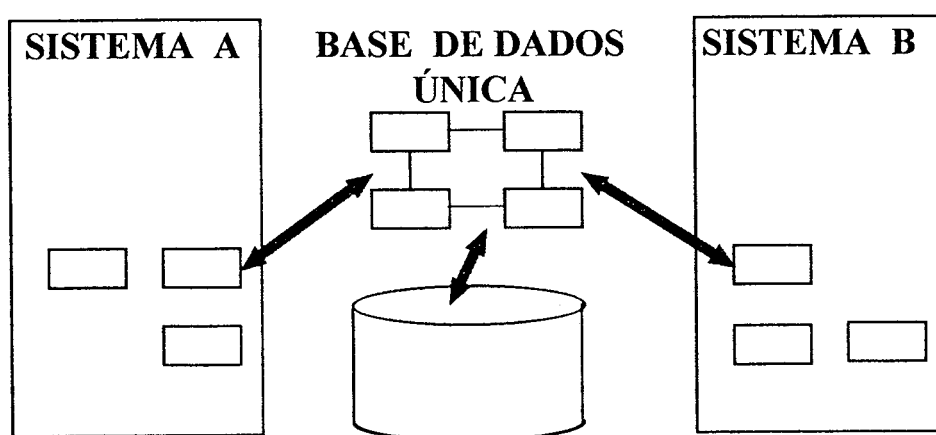


Figura 3.8 - Integração através de uma base de dados única. [15]

No entanto, integrações feitas dessa forma ainda estão em fase de pesquisa e desenvolvimento.

- **Integração através da troca de dados entre programas em tempo de execução:** trata-se da forma de integração tecnicamente mais complexa de implementar, podendo envolver inclusive a troca de dados em tempo de execução através de uma rede entre programas rodando em computadores distintos. Esse tipo de integração faz-se necessária quando a alteração dos dados de um sistema deve-se refletir em outro sistema muito rapidamente. Um exemplo típico dessa forma de integração é o existente entre sistemas de controle em tempo real. Esse tipo de integração também torna-se importante para a integração de sistemas de programação e controle da produção com diferentes células autônomas. Para obter uma performance coerente, sistemas de programação e controle armazenam a maioria de seus dados em memória volátil (RAM), ao invés de se utilizar o armazenamento em disco. Isso é necessário pois a velocidade de acesso

muito inferior da armazenagem em disco degrada demasiadamente a performance do sistema. Assim, alterações na programação de uma célula autônoma de produção podem ter reflexos sobre outras, necessitando da alteração nos dados mantidos em memória do sistema de programação e controle dessas outras células. Isso só pode ser feito através de uma integração com troca de dados em tempo de execução. Sistemas orientados a sistemas em tempo de execução.

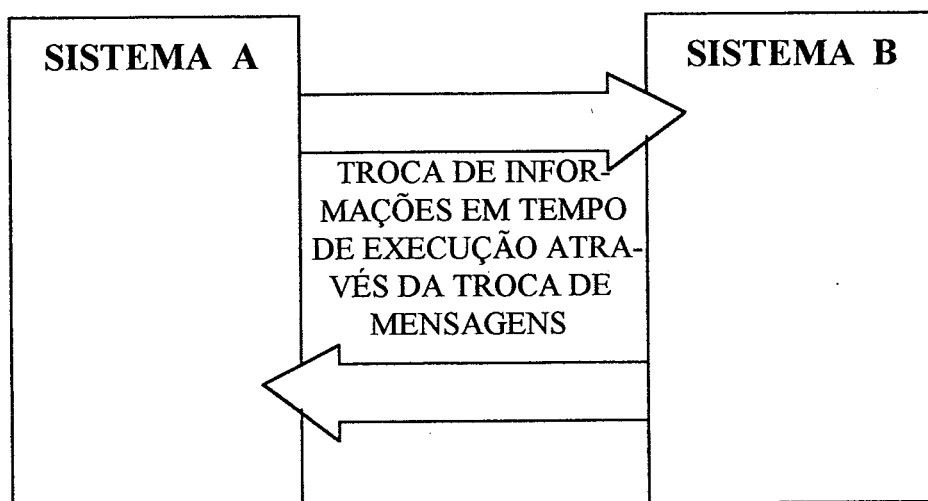


Figura 3.9 - Integração entre sistemas em tempo de execução. [15]

Sistemas orientados a eventos provêm uma forma mais simples de se implementar esse tipo de integração [SHAH, M. J.; BRECHER, V.H. - 1985]. A figura_3.9 ilustra uma integração entre sistemas em tempo de execução.

De maneira geral, tem crescido a procura por sistemas com mecanismo de acesso aberto, pois estes facilitam a implementação de qualquer uma das formas de integração acima citadas [HOBGSON, A. - 1993], [ROLSTADAS, A - 1992]. A utilização de redes de computadores para a integração de sistemas é crescente e firmou-se definitivamente como uma tendência [SCHEER, A. W. - 1993].

3.2.2 - BASE DE DADOS

O uso de Sistemas Gerenciadores de Base de Dados (SGBD) tem crescido, e cada vez mais as empresas reconhecem as vantagens de sua utilização. Pode-se citar como argumentos em favor da utilização de SGBD [SCHEER, A.W. - 1993]:

- Suporte à integração de dados, visto que os dados armazenados podem ser colocados à disposição para uma série de usos;
- Estrutura de dados relacionada com aplicações. Os subconjuntos da base de dados podem ser postos à disposição de aplicações individuais;
- Suporte à consistência. Os SGBD fornecem suporte à consistência de dados, principalmente para os casos de exclusão e alteração de informações;
- Suporte para múltiplos usuários. O SGBD administra a competição ao acesso à base de dados, e evita que isso gere inconsistências;
- Segurança dos dados. O SGBD provê mecanismos para tanto;
- Independência de dados. A aplicação torna-se independente do sistema físico de armazenagem de dados.

Visando a integração de sistemas, deve-se evitar a utilização de gerenciadores de base de dados proprietários [ROLSTADAS, A. - 1992]. Atualmente, é nítida a tendência de utilização de SGBD relacionados nas empresas de manufatura [HODGSON, A. - 1993], existindo diversos fornecedores de sistemas para manufatura que se utilizam de SGBD relacionais comerciais. Existe expectativa em torno de SGBD orientados a objetos, mas no entanto suas aplicações práticas em empresas de manufatura têm-se dado basicamente a nível de pesquisa e desenvolvimento, apesar de todas vantagens que oferece sobre os SGBD relacionais [LOOMIS, M.E.S. - 1991].

Entre os gerenciadores de base de dados relacionais, a linguagem lógica de consulta SQL (Structured Query Language) se tornou um padrão e facilita a portabilidade (facilidade de se migrar o ambiente operacional de um sistema) de SGBD de sistemas [HODGSON, A. - 1993], [SCHEER, A.W. - 1993]. No entanto, cada implementação de SGBD relacional estende o SQL padrão (chamado SQL ANSI) em alguns pontos, dando origem a diversos dialetos SQL que são super conjuntos do SQL padrão [ROLSTADAS, A. - 1992]. Assim, praticamente todos são compatíveis com o SQL padrão, mas não guardam compatibilidade entre eles.

A utilização de SGBD permite que diferentes aplicações tenham diferentes visões da base de dados, sendo uma ferramenta extremamente importante para a integração através de uma base de dados única [ROLSTADAS, A. - 1992], [SCHEER, A.W. - 1993]. Outro aspecto importante da utilização de SGBD é que estes encapsulam (ocultamento de dados) a distribuição, encapsulando inclusive os serviços de rede, possibilitando a existência de uma base de dados distribuída que aparenta-se como uma base de dados única. Os SGBD também encapsulam e implementam a filosofia de cliente e servidor, onde o cliente envia através da rede uma consulta, que é processada pelo servidor (em geral uma máquina com maior poder de processamento). O servidor envia pela rede o resultado da consulta requisitada pelo cliente. A aplicação que roda no cliente trata os dados do resultado e os apresenta ao usuário. Trata-se de uma filosofia interessante, na medida que facilita a distribuição de base de dados e o acesso de diversas aplicações diferentes à mesma base de dados, condição técnica necessária para uma integração real de sistemas.

CAPÍTULO 4 - ESTUDO DE CASO DE APLICAÇÃO DO PFCP E CAPP EM UM AMBIENTE DE FERRAMENTARIA

4.1 - AMBIENTE DA EMPRESA (FERRAMENTARIA)

O desenvolvimento e aplicação da simulação do Planejamento Fino e Controle da Produção com o Planejamento do Processo com auxílio do computador, foi dirigido ao Centro de Mecânica de Precisão de Joinville - CMPJ, uma ferramentaria que está voltada ao apoio das empresas da região como um centro de excelência em tecnologia de ponta. Criado em 1990, é mantido pela Sociedade Educacional de Santa Catarina - SOCIESC, uma entidade filantrópica e sem fins lucrativos.

Um dos objetivos do CMPJ é gerar tecnologia na área de fabricação de ferramentas, moldes e dispositivos de controles e peças especiais na área de mecânica de precisão. Através dos anos o CMPJ tem investido na área de projetos com a compra de softwares de CAE, CAD/CAM, CAV (verificação de usinagem) e máquinas CNC's, com isto tem criado a capacidade levando em conta a qualidade, custos e principalmente buscando o aprimoramento para honrar prazos com seus clientes. A diversificação e o bom resultado de seus trabalhos têm conquistado clientes de vários segmentos como montadoras de automóveis, eletrodomésticos, fornecedores de autopeças etc, ganhando com este desempenho, destaque nacional entre as melhores ferramentarias.

Para manter a sua sobrevivência, a administração do centro busca reestruturar-se constantemente, investindo no fluxo de informações dos produtos em processamento através da informática. Esta preocupação delinea e exige trazer novas tecnologias e desenvolver implantações de sistemas que encontre benefícios na garantia dos prazos de entrega para com os clientes.

O CMPJ tem como produto principal a fabricação de moldes para injeção de plásticos e alumínio variando seus tamanhos de 300 kg a 2000 kg. Estes moldes são constituídos de alto valor tecnológico em função da estrutura existente.

Através dos recursos do meio de comunicação, seja ela internet, fax/modem ou um simples arquivo num disco ou fita dat, o CMPJ rompe as fronteiras internacionais para efetuar orçamentos provindos da Europa, EUA, etc. Isto reflete em soluções que aumenta e segurança e a rapidez nos trabalhos propostos pelos clientes.

A comercialização dos moldes se dá por meio de publicações, participação em feiras, indicações de outros clientes e um representante na região sul do Brasil. Atualmente o CMPJ concentra também grandes esforços na disseminação de tecnologia de ponta os quais não serão tratados aqui neste trabalho.

A SOCIESC possui o software Magnus baseado no sistema MRP II, com módulos de RH, compras, fluxo de caixa, faturamento, patrimônio, contas a receber, contas a pagar, contabilidade, obrigações fiscais e estoques. Estes módulos alimentam através de sua rede o CMPJ. Como os grupos ligados a SOCIESC têm como meta estabelecida de gerar os seus próprios recursos, o CMPJ elaborou um sistema de custos alimentado pelos módulos do Magnus que informa as receitas provenientes de serviços e as despesas provenientes das contas de:

- salários e encargos sociais;
- depreciação e conservação;
- tarifas públicas;
- matéria-prima e material de consumo;
- outras despesas;

Este sistema dividiu as áreas em centros de trabalhos, sendo eles cada máquina ou bancada de ajustagem na área de usinagem, cada computador na área de projetos ou função dentro da área de metrologia.

4.1.1 - ÁREAS QUE COMPÕEM O CMPJ

O CMPJ está dividido em quatro áreas, quais sejam:

Área comercial e PCP : Desenvolve apoio a produção coordenando e aplicando recursos produtivos. Administra informações vindas de diversas áreas do sistema produtivo.

Área de Projetos: Integrada através de um sistema de rede (Windows NT) com a área de usinagem e metrologia. Utiliza 7 centros de trabalhos (workstations e micros PC) com softwares de CAD, CAM, CAV (simulação de usinagem com auxílio de computador) e CAE. Tem capacidade de demanda para projeto um total de 800 horas podendo assumir serviços de outras ferramentarias ou desenvolvimento de produtos para clientes.

Área de Usinagem: Está integrada com a área de projetos para dispor dos programas CNC. Opera com 14 postos, trabalhando 2 em 3 turnos, 2 em 2 turnos e os restantes em turno normal. Tem capacidade de gerar aproximadamente 2900 horas/mês.

Área de Metrologia: Área de apoio ao setor de usinagem onde controla as dimensões das peças fabricadas. Controla também a rastreabilidade dos instrumentos de medição da área de usinagem.

1.2 - DESCRIÇÃO DE PROBLEMAS ATUAIS DO PCP

Conforme mencionado em SANTOS, S. M. - [1997] o CMPJ tem expressivas dificuldades quanto ao seu planejamento e controle da produção:

- na definição de prazos tem a dificuldade de obter a quantidade de horas que já estão assumidas com os serviços que estão sendo fabricados no momento, e aquelas que já estão com pedidos em carteira;
- exige do orçamentista grandes malabarismos afim de não explorar seus clientes ou levar grandes prejuízos a fim de poder até comprometer o planejamento estratégico do ano;
- ter a capacidade de fabricação ajustada e controlada é um fator que requer dados atualizados constantemente;
- ter a matéria prima no curto prazo, com preço e qualidade tem provocado uma situação instável e difícil com os fornecedores;
- a programação das etapas de fabricação bem como montagem das peças devem ser determinados para que não se atrasem o processo formando filas. Atrasando a entrega da data acordada, pode correr o risco de não efetuar pagamentos assumidos com seus fornecedores bem como o pagamento de salários;
- pela complexidade do ambiente de ferramentaria, onde enfocamos que normalmente as peças são fabricadas uma única vez, a necessidade de reprogramação torna-se algo difícil de se administrar. Situações não previstas como a quebra de máquinas, ausência de funcionários, atrasos de ferramentas, ganho ou perda de alguns minutos em cada peça, variáveis de outros fornecedores, etc, colaboram para um erro maior;
- por ser um ambiente que exige muita criatividade por parte dos funcionários, a ferramentaria passa por grandes tensões provenientes de características e resultados do produto final;

- exige grande necessidade de rastreamento dos trabalhos executados e futuros, fornecendo informações para questionamentos do andamento, disponibilidade e para novos pedidos bem como para mensurar se o produto finalizará no prazo estabelecido.

4.3 - MODELO ORGANIZACIONAL DO PCP ATUAL

Segundo SANTOS, S. M. - [1997], em seu modelo proposto para o PCP do CMPJ, levando em conta as particularidades prestadas desta ferramentaria, o fluxo de informações está dividido em três níveis de atuação conforme apresentado na figura 4.1.

No nível estratégico a diretoria através de dados da área comercial estabelece investimentos, linhas de produtos e contratações de recursos humanos. Estas decisões se refletem para uma etapa de um ano.

No nível tático o PCP cria o planejamento-mestre da produção baseado somente nos pedidos em carteira. O banco de dados do sistema PFCP então é carregado elaborando as ordens de serviços (OS). Estas contêm o cadastro do cliente, cadastro do conjunto (serviço), prazo de entrega, data mais cedo para iniciar o serviço, condições de pagamento e contato técnico da empresa cliente.

No nível operacional obtemos a ordem de execução(OE). Esta estabelece a liberação da tomada de trabalhos para a execução da área de projetos. Somente após o detalhamento do projeto é que se tem a emissão das ordens de compra(OC). As ordens de fabricação (OF) têm o seu sequenciamento pelo software Preactor.

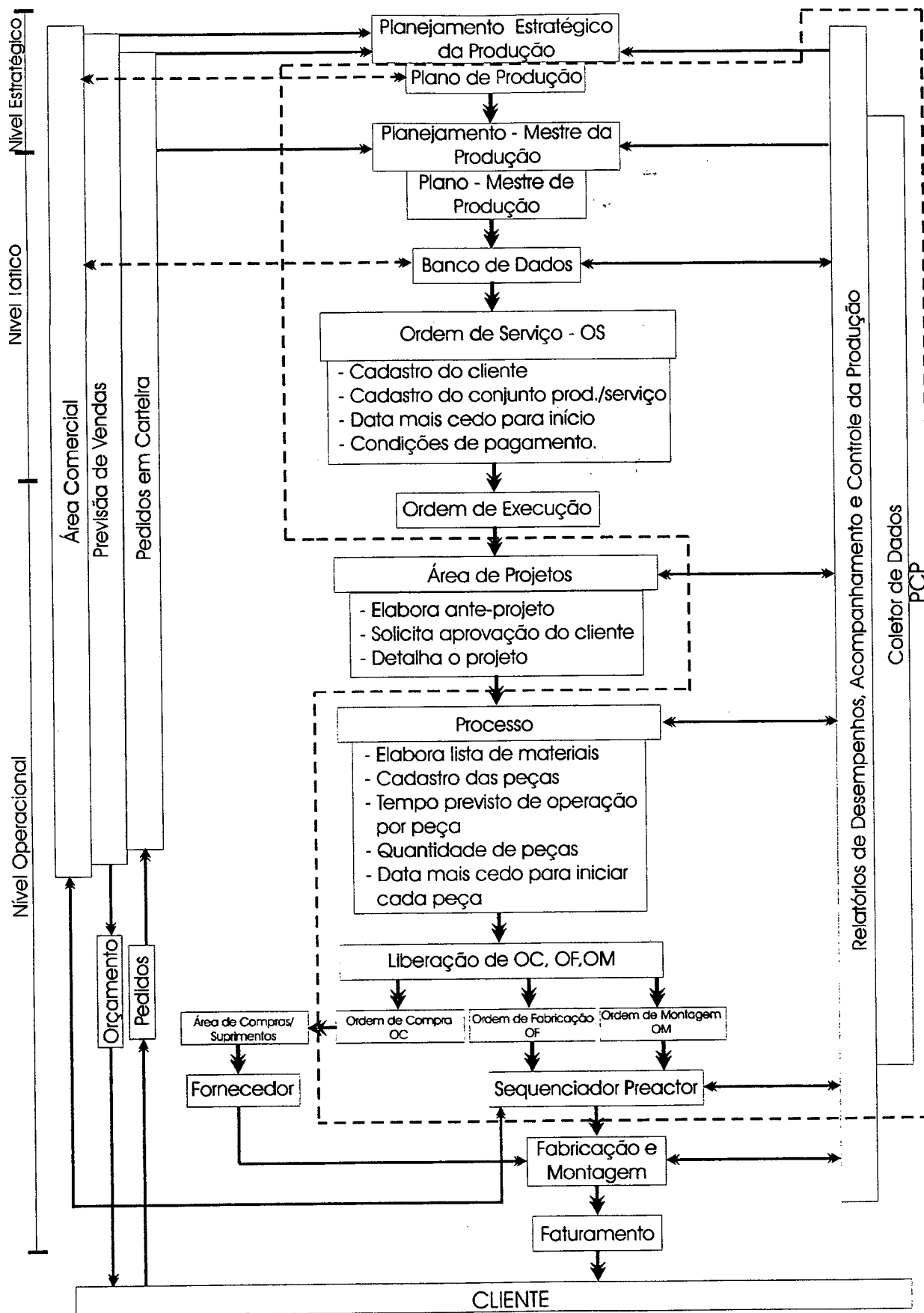


Figura 4.1 - Modelo atual CMPJ. [39]

4.4 - MODELO ORGANIZACIONAL PROPOSTO

O modelo proposto está embasado na infra-estrutura já disponível do CMPJ, no que tange a estrutura atual do PCP. Porém verifica-se um acréscimo, a adoção de um sistema CAPP, na busca da informatização do processo existente, integrando o PFCP com o CAPP, conforme pode-se ver na figura 4.2.

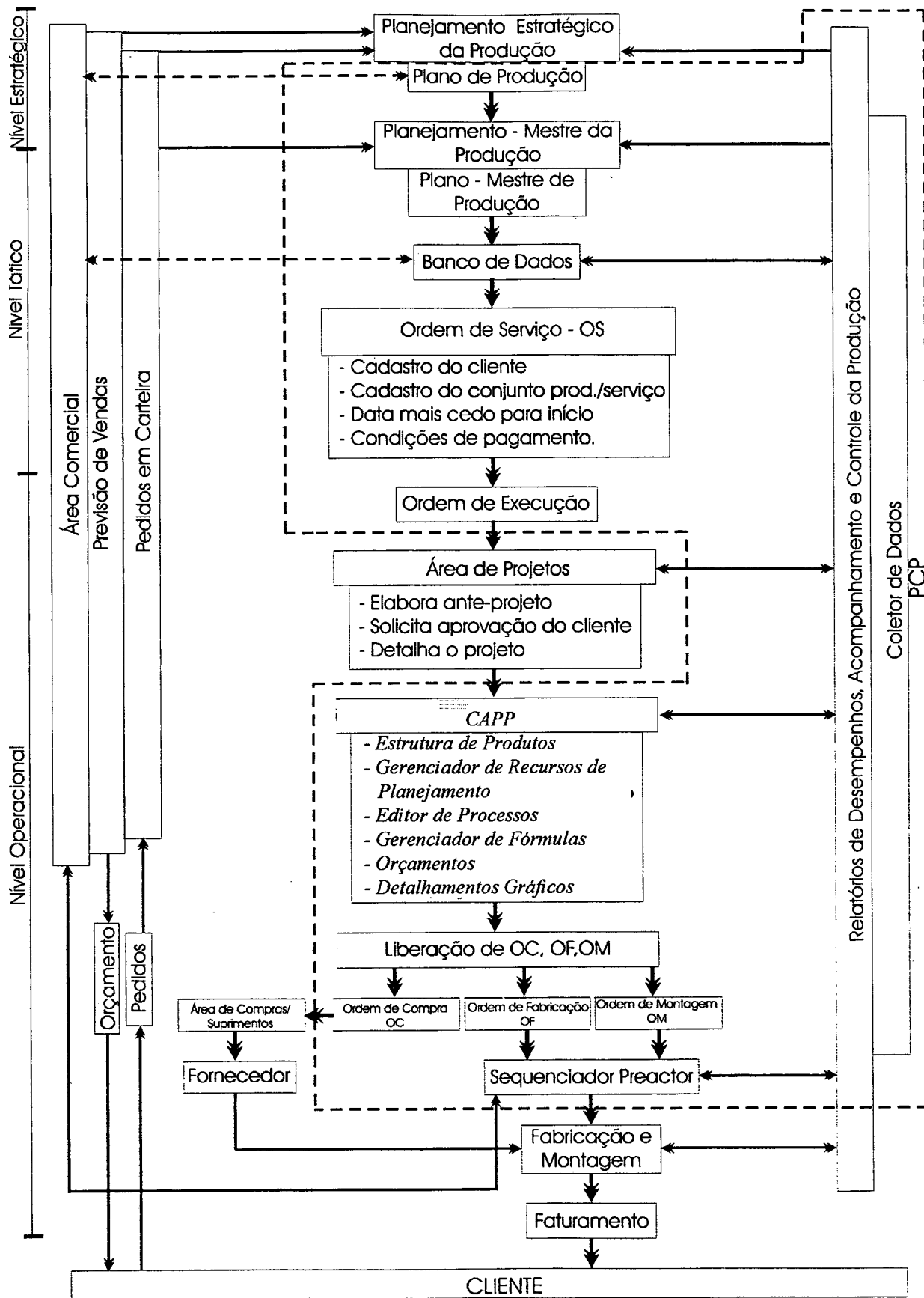


Figura 4.2 - Modelo do Sistema Proposto.

4.5 - DEFINIÇÃO DO SISTEMA CAPP

O sistema CAPP foi configurado para atender aos requisitos do CMPJ e conta com os módulos de cadastro de produtos e estruturas, cadastro de recursos de manufatura, cadastro de regras de cálculos de tempos e variáveis, confecção de planos de processos, orçamentos industriais e classificação de produtos.

4.5.1 - CADASTRO DE PRODUTOS E ESTRUTURAS

O módulo de cadastro de produtos do sistema CAPP permite o cadastro ou importação de todos os itens reconhecidos pela empresa. Neste caso se encontram os produtos fabricados ou comprados e matérias-primas.

Para gerar orçamentos e simulações na engenharia, este módulo permite criações de itens com códigos iguais, e modelos e revisões diferentes para cada estrutura de produto.

O cadastro dos itens contempla os registros básicos, como nome, código, desenhos, revisões e datas. Outros 25 campos podem ser definidos pelo próprio usuário.

Durante o cadastro, o sistema permite que seja acionado o sistema CAD para a elaboração dos projetos dos produtos e os gerencia.

Na figura 4.3 está sendo mostrado o sistema de cadastro de produtos e estruturas do sistema CAPP.

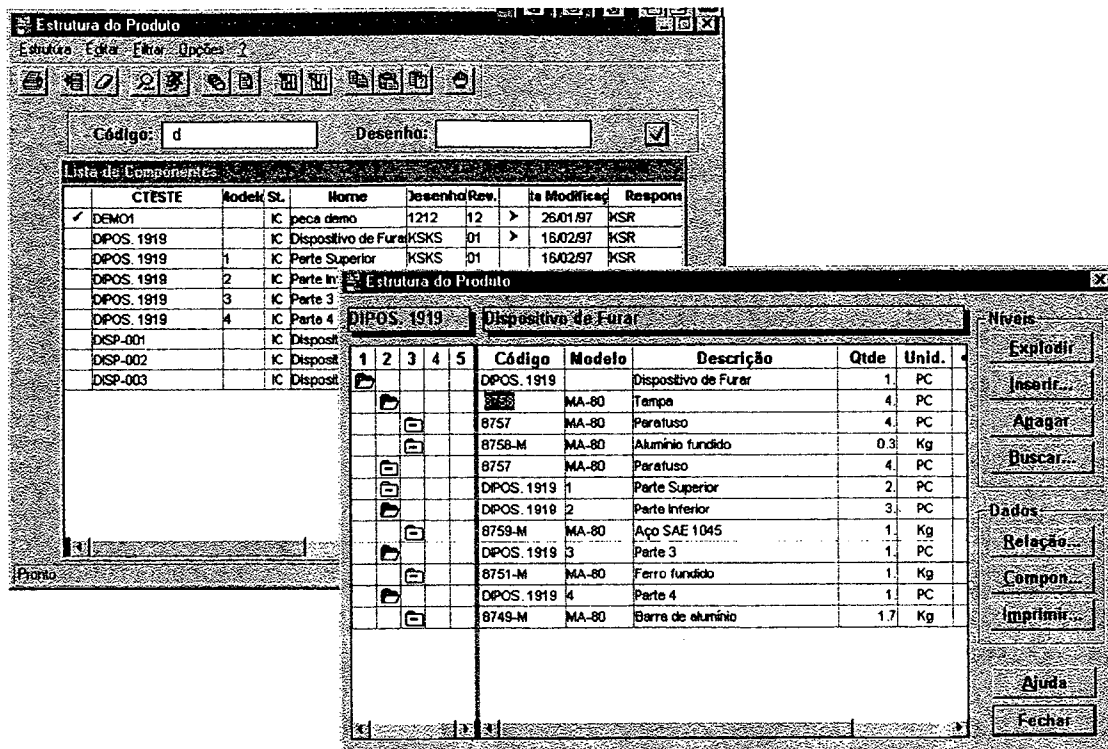


Figura 4.3 - Cadastro de produtos do sistema CAPP.

4.5.2 - CADASTROS DE RECURSOS DE MANUFATURA

O sistema de cadastro de recursos de manufatura divide os recursos em dois grupos: operações e equipamentos.

O cadastro das operações é feito levando-se em conta o tipo da operação. Este módulo permite uma completa separação entre as operações de montagem, usinagem, qualidade e ajustes de máquinas (setup).

O sistema de cadastro de operações é flexível e totalmente configurado pelo usuário, que define:

- menu para encontrar cada operação;
- mnemônicos para buscas rápidas das operações;
- parâmetros para cada operação e suas unidades de medida;
- valores padronizados para parâmetros da operação;
- textos paramétricos;

- arquivo de desenho paramétrico da operação.

O cadastro de equipamentos permite a divisão das ferramentas, instrumentos de medição, dispositivos e máquinas em grupos organizados de recursos. Durante o cadastro das ferramentas, o usuário pode definir quais critérios de cadastro e pesquisa que melhor se adequam a cada família de ferramentas. Através de sistemas auxiliares (como o CAD), podem ser visualizados ou editados os respectivos desenhos ou projetos.

Os principais recursos são:

- cadastro de menus de ferramentas por família de recursos semelhantes;
- cadastros de fichas técnicas para cada família;
- arquivo de desenho paramétrico do recurso;
- nome do programa para desenho automático da ferramenta;
- valores padronizados para pesquisas de recursos através dos parâmetros.

Na figura 4.4 está sendo mostrado o módulo de cadastro de recursos do sistema CAPP.

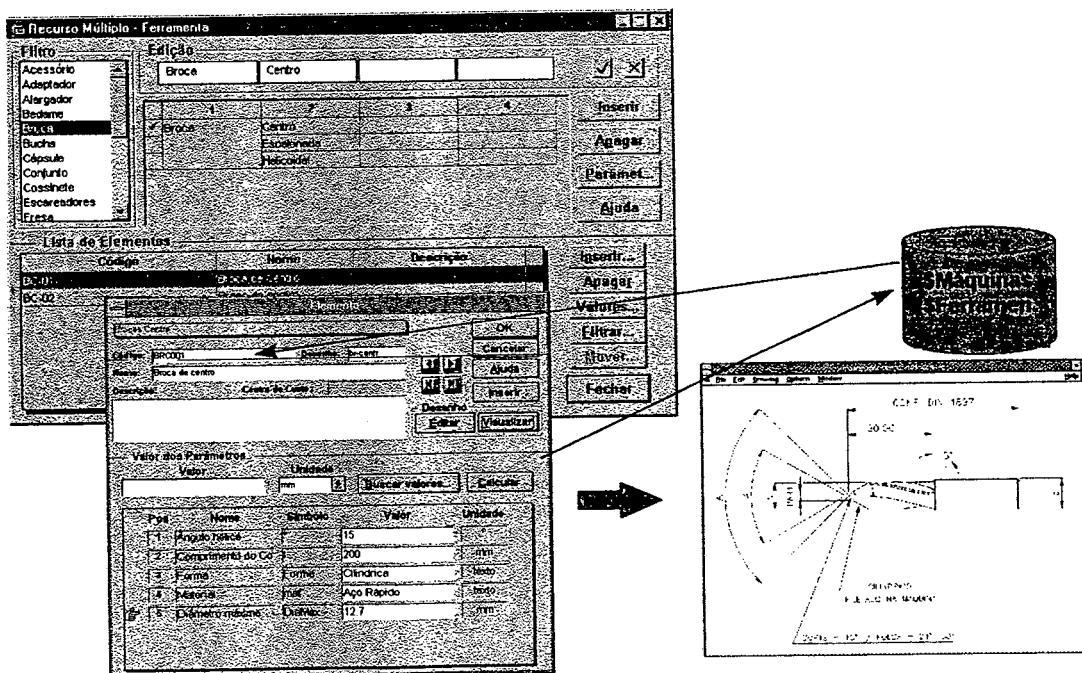


Figura 4.4 - Módulo de cadastro de recursos do sistema CAPP.

4.5.3 - CADASTRO DE REGRAS DE CÁLCULOS DE TEMPOS E VARIÁVEIS

Este módulo responde pelo cálculo de tempos dentro do ambiente CAPP. Todo cálculo de tempos de fabricação (usinagem ou montagem), preparação, movimentação ou outros são efetuados segundo as características da própria empresa. Desta forma obtém-se uma maneira precisa e rápida de fornecer tempos para os sistemas de orçamentos e para a programação de fábrica.

As regras de cálculos podem ser formadas a partir de fórmulas matemáticas, tabelas e sentenças (com IF-THEN-ELSE, MAX, MIN, SEN(), COS() etc.). A combinação destas três estruturas de cálculos permite a realização de cálculos complexos pelo sistema CAPP.

Na figura 4.5 está sendo apresentado o módulo de cadastro de regras de cálculo do sistema CAPP.

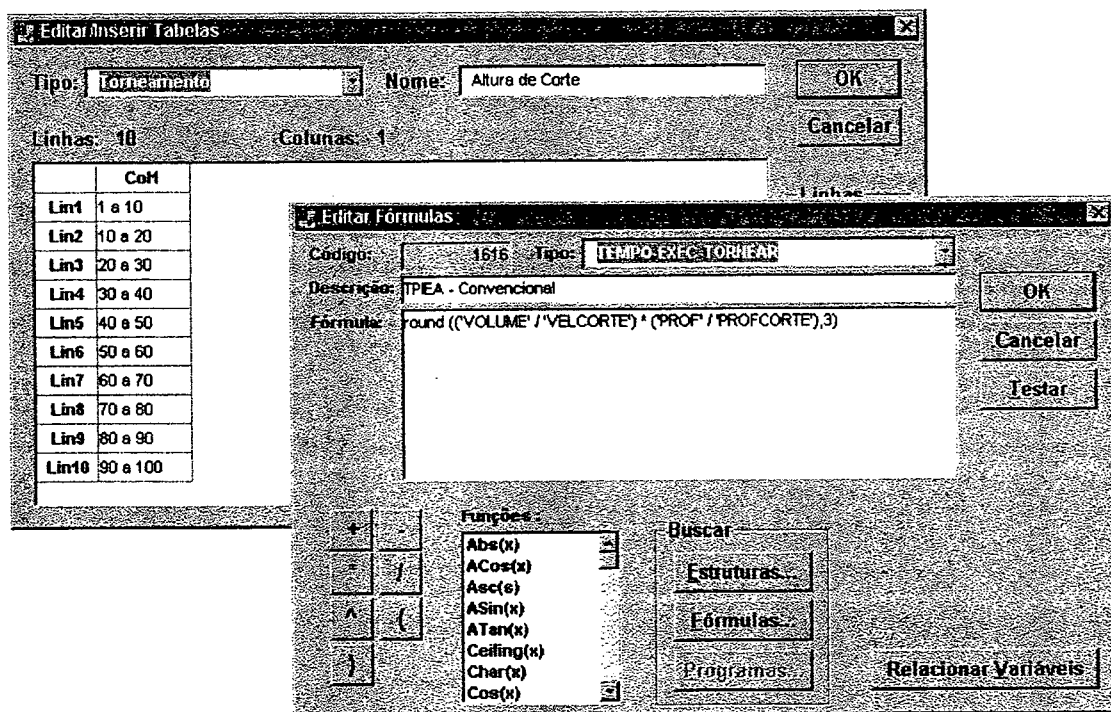


Figura 4.5 - Módulo de cadastro de regras de cálculo do sistema CAPP.

4.5.4 - CONFECÇÃO DE PLANOS DE PROCESSOS

O módulo de geração de planos de processos do CAPP é capaz de gerenciar a criação dos processos de fabricação. Através dele é possível executar as seguintes tarefas:

- Confecção de processos padronizáveis, tanto para montagem quanto para usinagem;
- Seleção de ferramental segundo critérios definidos pelo usuário;
- Associação de desenhos às ferramentas, máquinas e operações;
- Cálculos de tempos de fabricação produtivos e improdutivos;
- Cálculos de condições de usinagem flexíveis para cada operação;
- Controle de aprovação dos processos;
- Controle completo de revisão das modificações;
- Cópia de processos ou operações (“Copy and Paste”);
- Criação e gerenciamento dos detalhamentos de uma operação feitos com o sistema.

Buscando um maior domínio dos processos de fabricação, cada ferramentaria pode definir no sistema CAPP, quais informações de manufatura devem ser geradas pelos processistas. Na figura 4.6 é mostrado o editor de processos do sistema CAPP.

Dentre estas informações, merecem destaque os croquis de fabricação, sub-operações, instruções de preparação de máquina ou posto de trabalho, instruções de qualidade e listas de ferramentas.

Para ferramentarias que realizam montagem, são necessárias especificações envolvendo uma lista de peças e um croqui com os desenhos de montagem por posição.

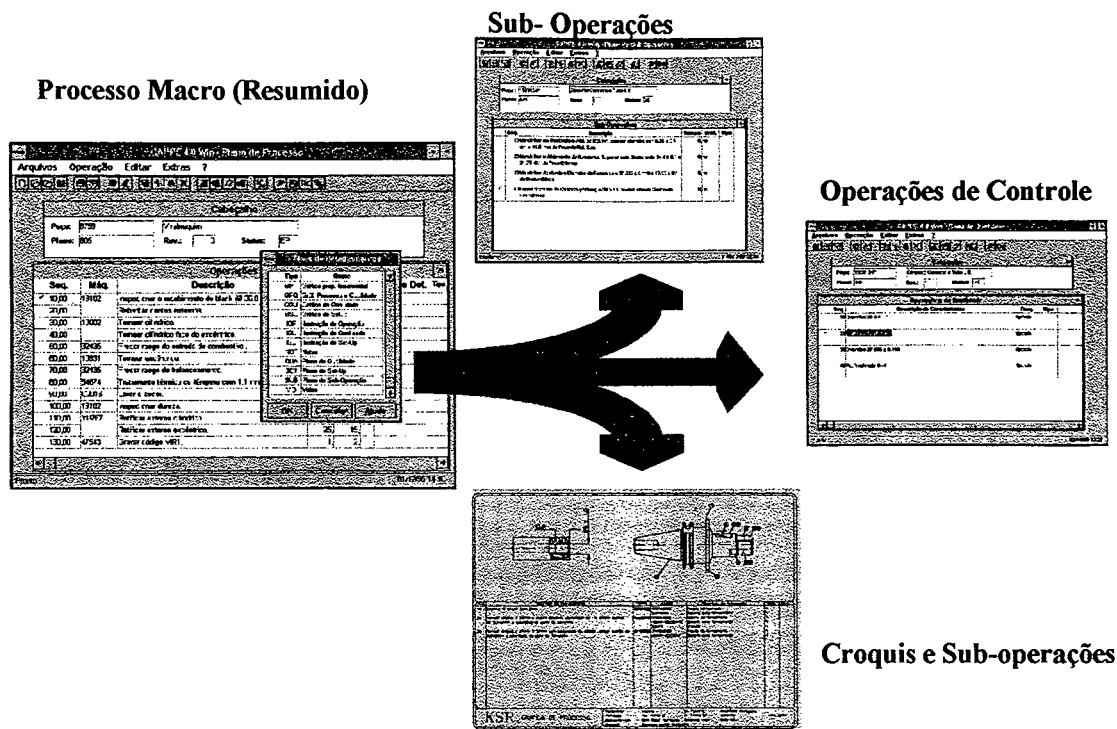


Figura 4.6- Editor de processos do sistema CAPP.

4.5.5 - ORÇAMENTOS INDUSTRIAIS

O módulo de pré-cálculos ou orçamentos industriais do sistema CAPP, mostrado na figura 4.7, baseia-se na estrutura de produto para estimar os custos industriais de um item. Através do cadastro da estrutura de produto, sabe-se quais produtos são fabricados, quais serão comprados e em que quantidade e unidades de medida eles se relacionam.

Uma vez levantadas as quantidades totais necessárias para um determinado lote, o sistema considera os tempos de preparação e soma os tempos de execução para os itens fabricados. Para os itens comprados, o sistema verifica custos por unidade de medida de cada um e multiplica pelas quantidades correspondentes para o lote cotado.

O custo de ferramentas e dispositivos (consumidos ou não) pode ser levado em conta para cada item fabricado da estrutura do produto, aumentando ainda mais a precisão. O sistema apresenta detalhadamente o custo de cada plano de processo, ferramental e materiais comprados.

Editor de Processos Manu

Produto: DIPOS.1919 Parte Superior

Plano: 00 Versão: 1 Status: EP

Seq.	Máq.	Descrição	T.Pre.	Pad.
10.00	B08	OPERAÇÕES DE BANCADA	6	1.2
10.01		Montar 1 x tarugo de refrigeração	6	1.2
20.00	MOON-01	MANDRILAR		
20.03		Furar 1 furo(s) com Ø 6 mm x 12 mm, acabado (Coordenada)		
20.04		Alargar 1 furo(s) com Ø 6 mm x 12 mm (Coordenada)		
30.00	EF-01	ERODIR		
30.01		Erodir perfil circular de Ø 10 mm x 5 mm		
30.02		Erodir perfil SRTER com 10 mm alt.		
50.00	CU-01	FRESAR		
50.01		Fresar canal injeção estéril; Ø 10 mm, perm. 50 prof. 5 mm		
50.13		Fresar face; 10 x 20 mm x esp. 30 mm acabado		
60.00	RC-01	RETIFICAR		
60.01		Acabar externo Ø 10 mm; Compr. 5 mm		
60.02		Rethcar face cota 30 mm		

Lidar cotação

Produto: DIPOS.1919 Dispositivo de Furar

Cotação: 150207 11/24/13 SR Modificação: 150207 11/24/13 SR

Lote: 7 Fatur: 0.00 Total Usulário: 399.5572

Total Ferramental não Refutado: 00 Total (Lote): 1198.51

Código	Modelo	Nome	IT	Qtde	\$ Ferr. Rt.	\$ Material	\$ Operação	\$ TOTAL
DIPOS.1919		Dispositivo de Furar	F	2.00	.00	1198.5074	.00	1198.5074
DIPOS.1919	1	Parte Superior	F	4.00	.00	60.00	956.5408	1016.5408
DIPOS.1919	2	Parte Interior	F	6.00	.00	48.00	.00	48.00
DIPOS.1919	3	Parte 3	F	2.00	.00	20.00	.00	20.00
DIPOS.1919	4	Parte 4	F	2.00	.00	51.00	.00	51.00
8757	MA-80	Parafuso	C	40.00	.00	20.00	.00	20.00
8758	MA-80	Tempa	F	8.00	.00	44.80	14.1868	58.9868
8749-M	MA-80	Barra de alumínio	C	7.40	.00	111.00	.00	111.00
8759-M	MA-80	Aço SAE 1045	C	6.00	.00	48.00	.00	48.00

Figura 4.7 - Módulo de orçamentos industriais do sistema CAPP.

4.5.6 - CLASSIFICAÇÃO DE PRODUTOS

Este módulo possibilita uma completa pesquisa de produtos a partir de suas características técnicas. Neste sentido, é possível ir fornecendo restrições ao sistema, até que o produto ou produtos sejam encontrados.

Neste módulo, apresentado na figura 4.8, o usuário controla sua família de produtos, comprados ou fabricados, segundo uma nomenclatura empregada por ele. Assim, é possível fazer uma classificação por Tecnologia de Grupo sem a necessidade de uma codificação específica.

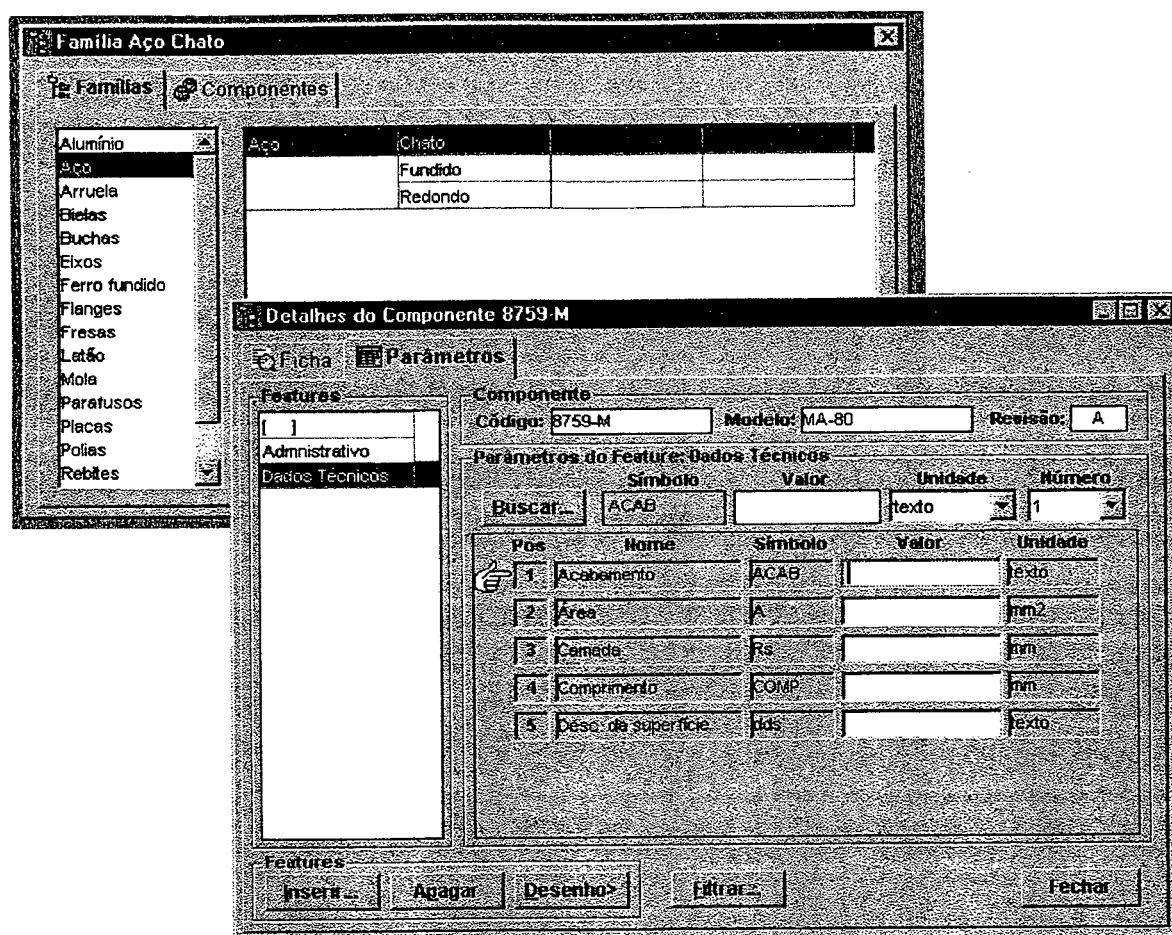


Figura 4.8 - Módulo de Classificação do sistema CAPP.

Uma vez definida a divisão dos produtos em famílias, o usuário passa a cadastrar os parâmetros (dados) correspondentes a cada família.

Através destes parâmetros consegue-se formar um poderoso catálogo eletrônico flexível, com os produtos reconhecidos dentro da empresa. Este catálogo pode conter dados técnicos, geométricos, comerciais e outros necessários para a definição do produto.

Uma grande aplicação deste sistema é a procura de materiais comerciais e fabricados na confecção da estrutura do produto.

4.6 - OPERAÇÃO DO SISTEMA E RESULTADOS OBTIDOS

O sistema CAPP e sua interface com o sistema Preactor 300 foi simulado, para verificar a possibilidade de sua implantação definitiva em ambiente real do CMPJ.

A figura 4.9 apresenta a tela principal do software de sequenciamento Preactor 300. A tela principal apresenta as possibilidades oferecidas ao programador, tais como: sequenciar operações, gráficos e recursos, manutenção de turnos, etc. As informações provenientes do Banco de Dados alimentam continuamente o Preactor 300, este é responsável por gerar a programação das máquinas a cada instante que o operador solicite.



Figura 4.9 - Tela principal do Preactor 300.

A figura 4.10 mostra em forma de gráfico de Gantt, um exemplo de cargas máquinas com informações obtidas do Banco de Dados alimentado pelo CAPP. Este indicador nos fornece o índice de horas trabalhadas e quando aproxima-se de 100% ter-se-ão possíveis gargalos. Este

meio eficiente de visualização nos permite tornar decisões de uma futura contratação, compra de máquinas horas extras, etc.

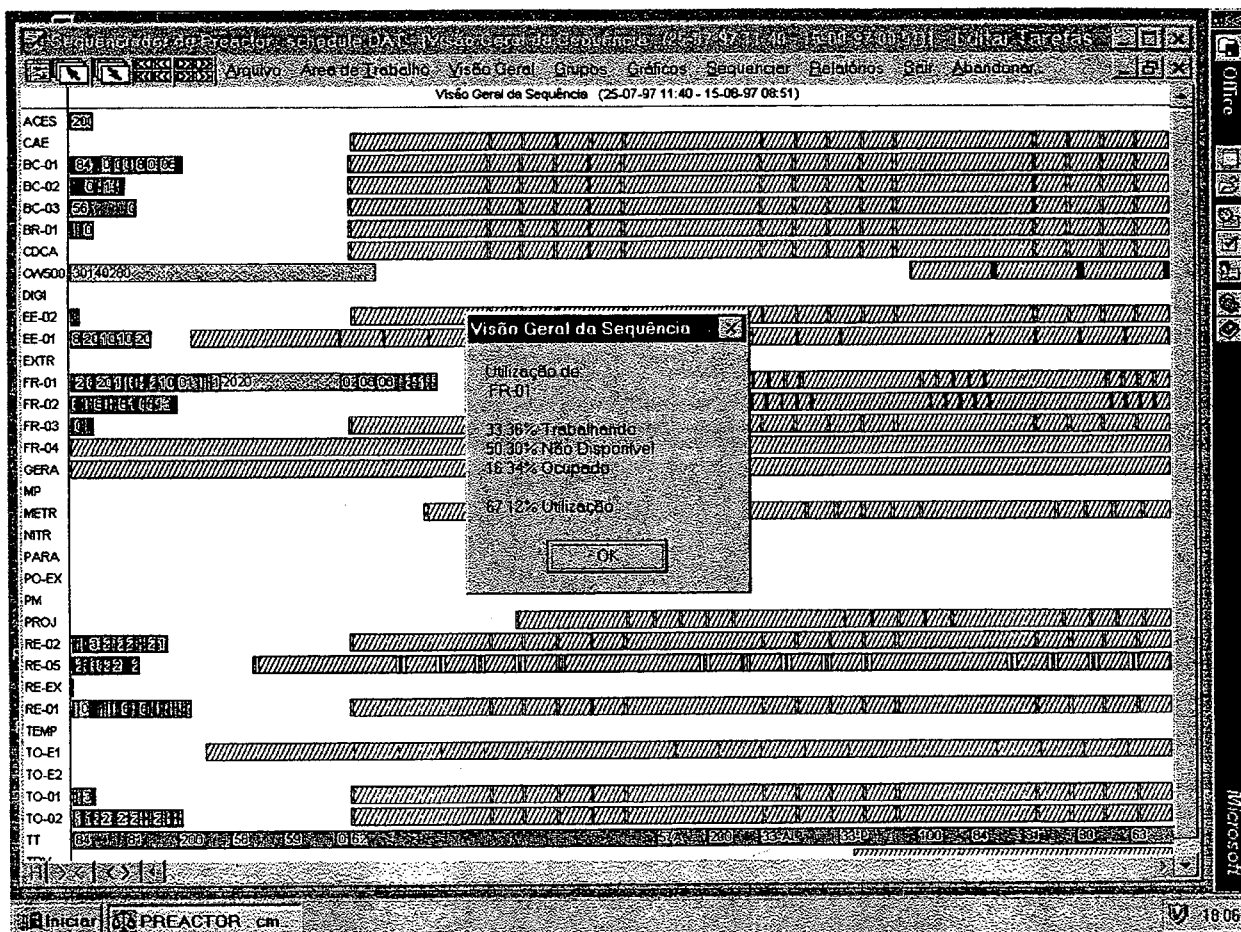


Figura 4.10 - Gráfico de Gantt.

A figura 4.11 mostra as telas de turnos, nos quais o programador pode alterar os turnos de um dia específico e programar férias dos funcionários. Através desta é possível alterar a carga máquina para cada dia da semana, incluindo ou excluindo dias. O programador pode mudar turnos para cada centro de trabalho de acordo com a programação, ou ainda, permite informar para o sequenciamento e para o banco de dados o estado de cada centro de trabalho, como exemplo: fora de turno, turno parado, manutenção programada, hora extra, intervalo, troca de turno e férias.

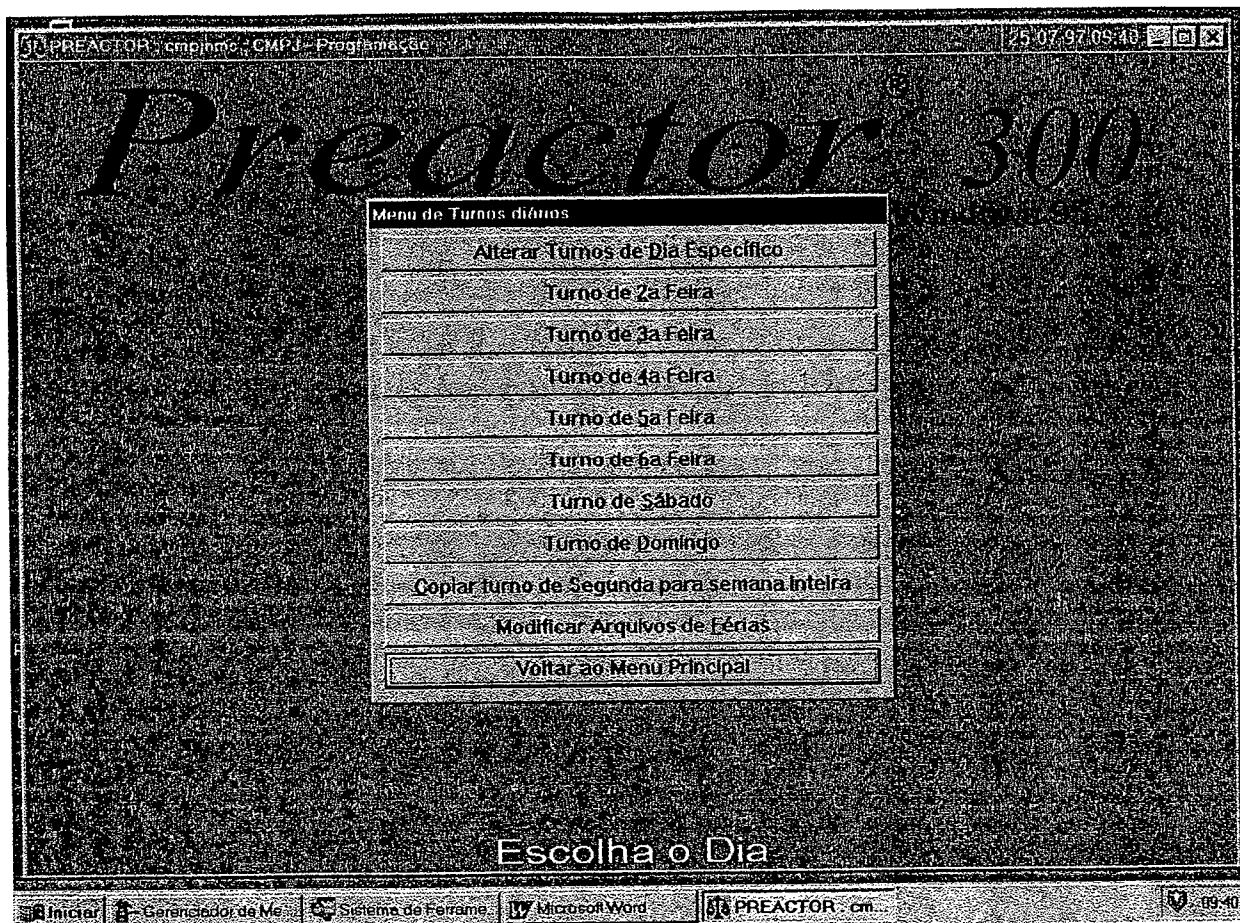


Figura 4.11 Tela de turnos.

Com a simulação da integração do PFCP/CAPP, verificou-se vários fatores que influenciam as informações que farão parte do plano de processo, dentre eles:

- tamanho do lote/repetibilidade das ordens de produção/ciclo de vida do produto: quanto maior numericamente forem estes fatores, maior será a tendência de se detalhar, com mais informações, o plano de processo, pois com um bom planejamento, economiza-se tempo de produção e o custo deste planejamento será rateado por um número elevado de peças;
- tamanho da ferramentaria (número de máquinas, número de trabalhadores): quanto maior a ferramentaria, maior a necessidade de organização. Como o plano de processo é um instrumento de otimização, maior deverá ser seu detalhamento;

- qualificação da mão-de-obra direta: quanto mais desqualificado o operador, menor capacidade terá para decidir. Neste caso, necessitará de maior auxílio com um bom nível de informações no plano de processo;

- qualidade e complexidade do produto: devido ao nível de solicitação de qualidade e complexidade no processo produtivo, justifica-se um refinamento nas informações do plano de processo, sem o qual não se garante a repetibilidade na fabricação do produto, e em alguns casos, nem a finalização de dada operação complexa.

Os planos de processos afetam diretamente a fabricação do produto. Sendo assim, é de suma importância o controle de dados organizacionais como data de criação, revisões, históricos de revisões de operações, responsável pela edição, aprovação e distribuição, revisão do desenho de produto cujo plano de processo foi gerado, dentre outros.

Como os dados organizacionais não geram informações tecnológicas, estes são relegados a um segundo plano, não se dispensando as devidas atenções. Atualmente, com a crescente importância das normas de qualidade (Ex. ISO 9000 e QS 9000), os dados organizacionais passam a ser um ponto de grande importância no CMPJ.

Como instalação e operação em produção tem-se uma base de dados pronta, e todo o ambiente fabril preparado e informado sobre as alterações do fluxo de trabalho, procedimentos, documentos, bem como outras que estão para serem implementadas juntamente com o CAPP e o PFCP. A operação do sistema deverá passar pelas seguintes fases, mostradas na figura 4.12

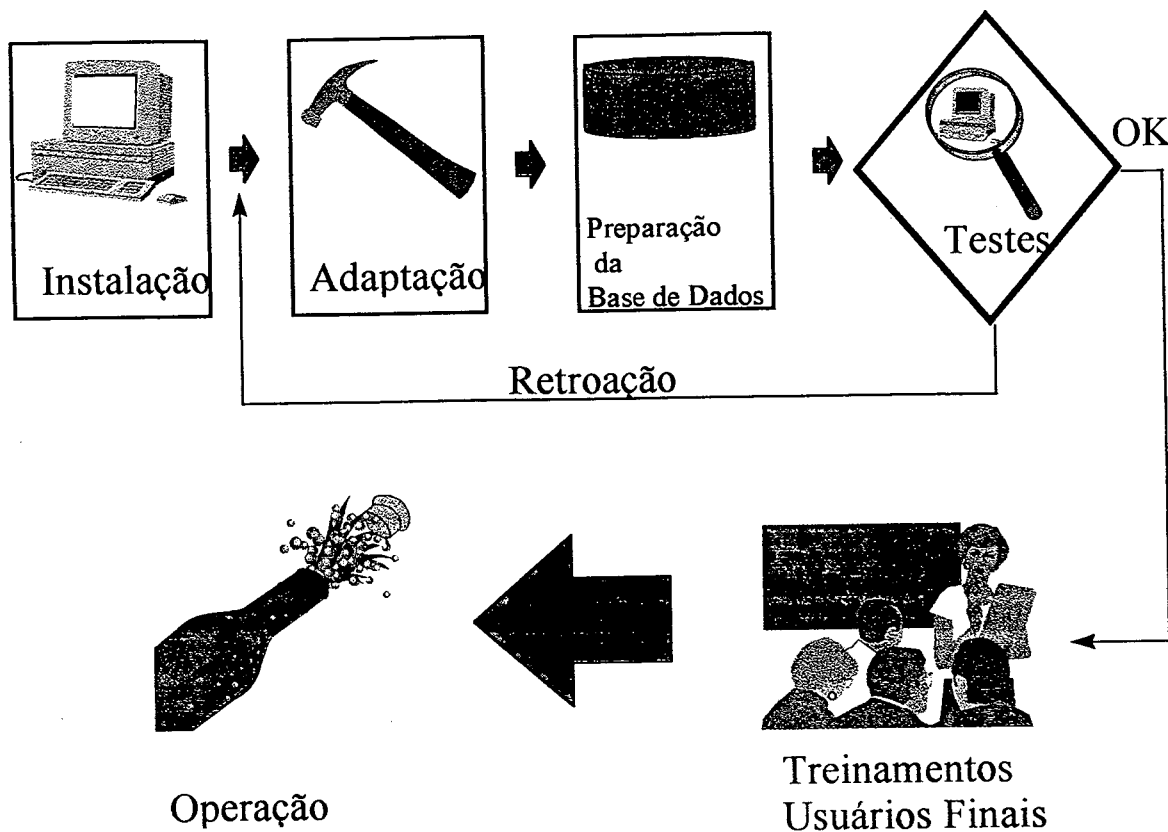


Figura 4.12 - Fases de operação do sistema.

Com a simulação dos sistemas integrados PFCP e CAPP verificou-se um maior controle das informações de chão de fábrica. Os principais indicadores de desempenho simulado foram:

- aumento da produtividade de planejamento: o aumento da produtividade de planejamento está associado a maior velocidade e diminuição do tempo do processista em escrever e documentar o processo.
- criação de um maior número de soluções (rotas alternativas): com a necessidade de um aumento de diversificação, aumenta a frequência de lançamento de produtos, fazendo que as ferramentarias precisem obter uma maior quantidade de planos de processos. Para os produtos existentes é necessário também que sejam criadas rotas alternativas. Pode-se aproveitar o potencial de aumento de produtividade do sistema a fim de se obter um maior número de soluções com os processistas existentes, eliminando-se as tarefas do planejamento tradicional que não agregam valores;
- planejamento com maior qualidade e detalhe: essa atividade constantemente tem que se estar realizando a manutenção dos planos existentes devido a sua falta de qualidade.

Compreende-se que no planejamento com maior qualidade e detalhe, os dados ficaram mais precisos nas operações (com textos padrão independentes da habilidade de cada processista), tempos especificados calculados com base em tabelas e fórmulas, garantindo sua repetibilidade, lista de ferramental também padronizado e com especificação completa, croquis e/ou foto especificando procedimentos de montagem e inspeção;

- recuperação/atualização/alteração do plano de processo: no planejamento convencional normalmente é difícil recuperar planos já existentes para serem reutilizados em peças semelhantes, pois falta o armazenamento sistemático destes dados. Além disso, quando se consegue encontrar um plano a ser alterado para servir de base a um novo plano, ou mesmo quando simplesmente se atualiza/altera um plano devido a erros encontrados, não existe no planejamento tradicional um procedimento eficaz. O processista precisa nestes casos reescrever todo o novo plano enviando para uma redigitação. Com o sistema integrado elimina-se os problemas acima citados;

- otimização da busca de informações: o processista utiliza normalmente grande parte de seu tempo recuperando informações. Estas informações são sobre capacidade de equipamento, parâmetros de ferramentas de fabricação e inspeção, onde uma infinidade de catálogos é consultado (e muitas vezes uma nova ferramenta é especificada sem que se verifique a disponibilidade em estoque de ferramentas semelhante), o mesmo pode ser dito sobre dispositivos, etc. O sistema possibilita que se armazene informações sobre qualquer elemento que possa constar em um plano de processo. Esse armazenamento toma como base uma classificação desses elementos em família, quando possível, com a possibilidade de se definir parâmetros específicos e até padrões para as famílias. Quando se recupera informações, utilizam-se a classificação e a busca por parâmetros, facilitando em muito esse trabalho e praticamente eliminando os tempos improdutivo de busca acima citados.

- gerenciamento da documentação: o fluxo de informações nas ferramentaria é relativamente complexo e existe uma grande quantidade de planos de processos. Controlar e gerenciar as versões e os status de um plano de processo em desenvolvimento torna-se oneroso. Muitas vezes trabalha-se com versões desatualizadas, causando um desperdício do tempo de planejamento. Esse desperdício é potencializado quando um plano desatualizado é liberado para a produção, com o sistema integrado evita-se que tais problemas aconteçam;

- otimização da fabricação no chão de fábrica: as correções das especificações dos planos de processos podem em alguns casos o próprio operador de máquina efetuar desde que o mesmo tenha acesso a algumas funções do sistema;

- agilidade na obtenção de orçamentos: na sistemática do planejamento tradicional existe a dificuldade em recuperar as informações, alterar planos semelhantes e também efetuar os cálculos, diferenciando os componentes de custos, tais como ferramentas, dispositivos de fixação, de inspeção, etc. Com o sistema integrado tem-se a possibilidade do aumento de produtividade na obtenção de orçamentos, bem como um aumento na precisão.

- otimização do fluxo entre Processo e Planejamento da Produção (PCP): para o PCP é imprescindível que as informações do plano de processo estejam corretas, pois elas são a base da obtenção do plano mestre, do planejamento da produção, assim como a programação da produção. O CAPP informa as seqüências de operações, tempos e recursos utilizados no PCP, isso elimina a digitação e cria padrões de operações pré - definidas;

- previsão da data de entrega do serviço precisa e rápida: normalmente os tempos especificados de forma tradicional estão cerca de 20% majorados. Isso causa um aumento do inventário em torno do mesmo índice, pois o material estará à disposição ao longo do processo produtivo antes da data necessária. Além disso são necessárias diversas reprogramações em nível de chão de fábrica para ajustar a programação errônea baseada em tempos imprecisos. O sistema utiliza o cálculo automático dos tempos de fabricação do CAPP, podendo assim estimar com maior precisão os lead-times para cálculos das necessidades.

- confiabilidade na análise de resultado dos serviços comparando previsto e realizado: através do sistema, o usuário pode pesquisar um determinado recurso (máquina, operação, ferramenta, etc.), em todos os planos de processo. O sistema apresenta em detalhes onde este recurso foi utilizado. Além disto, permite a troca de recursos, documentando automaticamente esta modificação nos processos de fabricação em que o realizado possa substituir o previsto.

Através da base de dados relacional, foi possível integrar os sistemas em tempo real. Neste caso obteve-se a melhor solução em termos de velocidade de transmissão e precisão .

O sistema principal existente no CMPJ conforme mostra a figura 4.13, é uma tela que está disponível em todas as áreas através da rede de computadores.

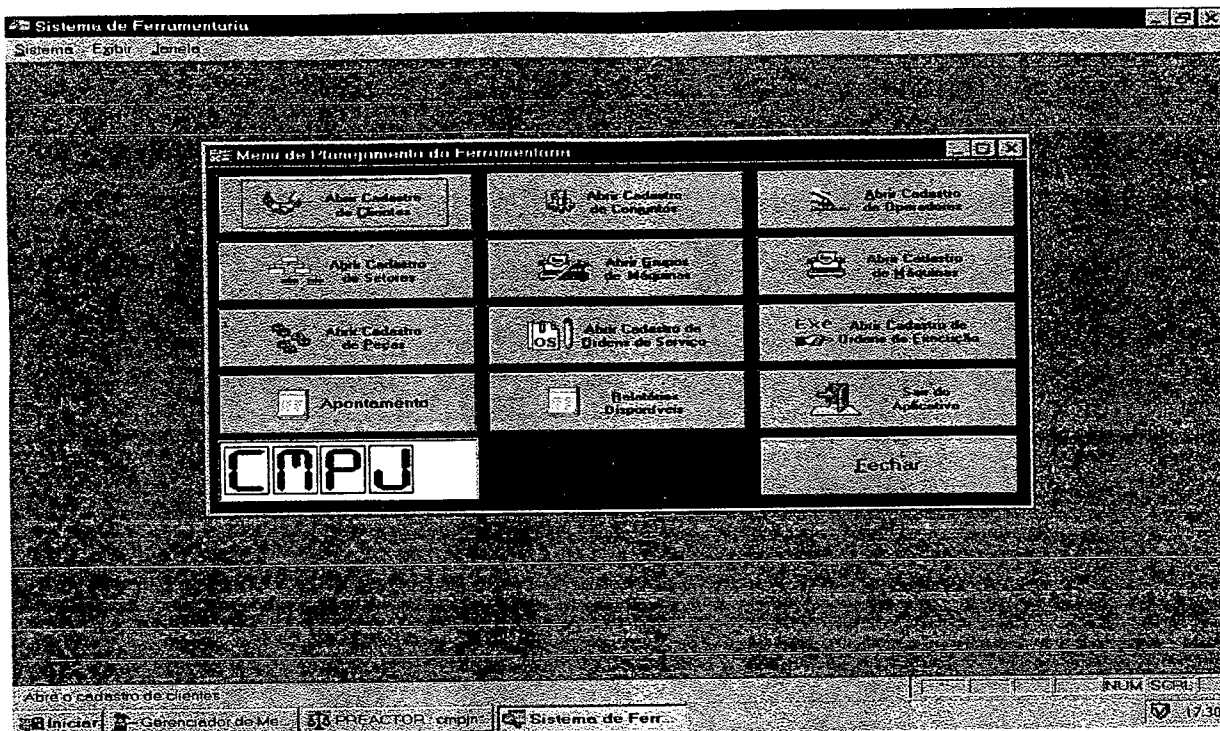


Figura 4.13 Tela principal do sistema.

Os operadores acessam conforme o seu nível de autorização. O CAPP poderá contribuir previamente a este sistema através do gerenciador de recursos, as operações, máquinas e ferramentas cadastradas de forma organizada. Também a estrutura de produto, outro módulo do CAPP, terá os itens reconhecidos pela empresa. Neste caso se encontram os produtos fabricados ou comprados e matérias-primas.

4.7 - DIFICULDADES ENCONTRADAS

As informações do chão de fábrica apresentadas pelo sistema, sobre o qual foi feita a simulação, não correspondem em grande parte a real situação da produção, devido a própria dinâmica da evolução de uma operação, conforme ela avança na produção, estar desconectada da rede do coletor de dados do CMPJ, sendo evitada desta forma a retroalimentação, fundamental para este caso.

O sistema, como já mencionado, precisa receber informações do chão de fábrica e acessar dados do sistema de planejamento. Isto vai depender do quanto é aberta a arquitetura do

sistema PFCP dentro do CMPJ, caso contrário pode ficar limitado à inserção de poucos dados, fornecendo assim um panorama com erros e enganos.

Para se implantar o sistema com sucesso necessita-se que as relações entre o pessoal e a tecnologia devam estar perfeitamente entendidas, permitindo sua plena integração. E, na integração entre pessoal e tecnologia, a questão fundamental a ser respondida é: “Como assegurar que a tecnologia disponível auxilie no trabalho do pessoal?”.

Finalmente, na integração dos softwares exigiu-se aprofundamento em procedimentos complexos das ferramentas de importação e exportações de banco de dados, o que foi viabilizado em parceria com uma empresa de consultoria.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 - CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho envolveu conhecimentos das áreas de processos de fabricação, planejamento e controle da produção, e de desenvolvimento e integração de sistemas. Como resultado, obteve-se a simulação entre o PFCP e o CAPP, promovendo a sistematização das informações do setor produtivo, intensificando-se a comunicação entre as áreas de processos, produção e planejamento e controle da produção.

Este estudo viabiliza e demonstra a função que os sistemas PFCP e CAPP têm em tornar possível a implantação em ferramentarias de estratégias da CIM. Utilizando estes sistemas integrados em ambiente de ferramentaria, verifica-se a minimização da redundância e a superposição de atividades que podem ser tratadas com segurança, obtendo-se desta forma uma relação íntima entre a programação da produção e o planejamento do processo.

O modelo de referência proposto mostra satisfazer a opção de integrar softwares de diferentes fabricantes como solução a falta de padronização. Este caminho leva à utilização de tecnologias para a programação automática da produção sem inviabilizar a intervenção humana.

Através deste trabalho fica evidente a dinâmica dos ambientes de ferramentarias, os quais requerem um apoio crescente dos avanços da informática, papel este que influencia sobre os fatores vitais de competitividade no que tange ao prazo, custo e qualidade.

A aplicação simulada foi de grande importância, pois aproxima a realidade produtiva aos desenvolvimentos acadêmicos. Fez-se necessária a instalação do sistema num ambiente de teste com funcionalidade desvinculada da rede operacional do CMPJ, no sentido de ficarmos isentos de preocupações com os dados reais da empresa durante as simulações.

O PFCP e o CAPP demonstraram ser um conceito adequado para aplicação em ambientes de ferramentarias. Isso requer uma definição cuidadosa da plataforma de desenvolvimento do sistema, de modo a facilitar a integração.

A simulação apresentada mostrou-se bastante econômica para o porte de uma empresa do tipo ferramentaria, pois os softwares, equipamentos e manutenções futuras são adequados a essa realidade e necessidade, sem contudo mudarem suas características.

Por último, pode-se concluir que as ferramentarias estão interessadas em melhorar seu potencial para competir num mercado cada vez mais ágil e exigente. Para isto, estão buscando melhores técnicas e ferramentas para seus métodos de trabalhos e fluxos de informações.

5.2- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como continuidade deste trabalho deve-se buscar uma constante evolução com os conceitos da CIM, caminho natural para enfrentar os objetivos da globalização. Pode-se citar como possíveis evoluções do sistema as seguintes recomendações:

- desenvolver um trabalho que busque informações de custos para o auxílio à decisão através da integração com um sistema de custos. O sistema de custos por sua vez pode desfrutar das informações provenientes do chão-de-fábrica para o cálculo dos custos reais;
- desenvolver um trabalho que busque um interfaceamento para a integração informatizada de sistemas CAD/CAPP com o objetivo de eliminar a redefinição de informações e de zerar automaticamente o processo de fabricação. Deve ser necessariamente baseada em *manufacturing features*;
- desenvolver um trabalho que busque incorporar ao sistema um procedimento de programação automática. Esse procedimento pode ser baseado em sistemas especialistas, lógica difusa, simulação ou outra técnica. Também parece importante que o procedimento automático considere roteiros e máquinas alternativas relacionadas com custo, otimização de preparação em função da seqüência de operações e aproveitamento global da capacidade.

Além dessas evoluções, a princípio já conhecidas e determinadas, é importante a aplicação do sistema simulado no ambiente real do CMPJ, permitindo uma introdução gradual destas tecnologias. Desta forma, espera-se que durante o próprio processo de implantação sejam colhidos resultados, que ajudem a motivar a continuidade do trabalho.

Apesar do sistema ser voltado para integração do PFCP/CAPP, ele deve respeitar uma visão holística da empresa ferramenteira. Este enfoque entende que a máxima eficiência (desempenho) de um sistema depende de como as partes integrantes destes se interagem, sempre em sintonia com o conjunto de objetivos da ferramentaria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- **ADELSBERGER, H.H.; KANET, J.J.**, "The Leitstand - A New Tool for Computer Integrated Manufacturing", Production and Inventory Management Journal, USA, First Quarter, pg.43, 1991.
- 2- **BER, A.**, "Tool Management for FMS" Annals of the CIRP, v.34/1/85, pg.387-389, 1985.
- 3- **BERNARDO, J.J.; MOHAMED, Z.**, "The Measurement and Use of Operational Flexibility in the Loading of Flexible Manufacturing Systems", Europeau Journal of Operational Reseach, Holand, n. 60, pg.144, 1992.
- 4- **BOSE, P.P.**, "Moving Mariternance Toward Prevention", USA, pg. 69, dec. 1984.
- 5- **BREMER, C.F.; MELLO, M.C.F.; ROZENFELD, H.**, "O Conceito de Planejamento Fino e Controle da Produção" Annals do CICONGRAF, São Paulo, 1992.
- 6- **CLEMONS, J.W.**, "Machine Controllers and The Supervisory System: The Formation of na Integrated Control System", Industrial Computing Conference, Califórnia, pg. 667-674, oct. 1991.
- 7- **CORRÊA, H.L.; GIANESI, I.G.N.**, "Just in Time, MRP II e OPT um Enfoque Estratégico", Primeira Edição, São Paulo, Editora Atlas, 1993.
- 8- **COSTA, L.S.S.; CAULLIRAUX, H.M.**, "Manufatura Integrada por Computador", Editora Campus, pg. 75-81, 1995.
- 9- **DNC**, "Projeto, Produção e Manutenção se Aproximam", Automação & Indústria, Brasil, pg.14, Maio, 1988. (Relato de Experiência).
- 10- **EW, NORMAN, A.**, "O Planejamento do Processo Auxiliado por Computador com Exemplo de Aplicação em Operações de Furação", Florianópolis, Julho, 1989 (Dissertação de Mestrado, Eng. Mecânica - UFSC).
- 11- **EVERSHEIM, W.**, Organization Inder Produktionstechnik, Band 3, Arbeitsvorbereitung, VDI , Zeitschrift - 1989.
- 12- **GUISE, R.F.; RHODES, D.**, "Business Goal, Finete Scheduling, The Missing Link", USA, Georgia - Atlanta, Dun & Bradestreet Software Inc. Pg.1-11 (apostila) - 1991.
- 13- **HAM, I.; LU, S.C.Y.**, "Keynote Paper on CAPP", Annals of the CIRP, 1988.
- 14- **HAMMER, M.; CHAMPY, I.**, "Reengenharia: Revolucionando a Empresa em Função dos Clientes, da Concorrência e das Grandes Mudanças da Gerência"- Editora Campus, Rio de Janeiro, 1994.

- 15- **HODGSON, A.**, "Production Planning and Control Within a CIM Environment: Some Current Developments and Requirements for the Future", *Production Planning & Control*, USA, V.4, n.4. pg.296, 1993.
- 16- **JABLONOWSKI, J.**, "FMS's add Consistency to Diesels" *American Machinist*; USA, pg.72, dec.1984.
- 17- **KERR, R.M.; EBSARY, R.V.**, "Implementation of an Expert System for Production Scheduling", *European Journal of Operation Research*, Holland, n.33, pg.17, 1988.
- 18- **KOSANKE, K.; KLEUERS, T.**, "CIM-OSA: Architecture for Enterprise Integration A report on Current Developments", *Computer Integrated Manufacturing Systems*, [S.1], V.3, n.1, feb.1990.
- 19- **LIMA, P.**, "Um Sistema de Programação da Produção Finita Baseada em Lógica Nebulosa", *Campinas Faculdade de Engenharia Mecânica - UNICAMP*, 1993.
- 20- **LOCHNER, C.**, "Der Fertigungsleitstand im CIM Umfeld, ZWF - CIM", 4:202-206, Apr.1990.
- 21- **LOOMIS, M.E.S.**, "Objects and SQL: Accessing Relational Databases" *Object Magazine*, USA, pg.68, sep/oct. 1991.
- 22- **LOUREIRO, F.M.**, "Programação da Produção utilizando o Preactor", *Apostila do Curso de Programação da Produção*, Joinville, 1997.
- 23- **MARTINS, R.A.**, "Flexibilidade e Integração no Novo Paradigma Produtivo Mundial: Estudo de Casos", *São Carlos, EESC - USP, Dissertação do Mestrado*, 1983.
- 24- **MELLO, M.C.F.; BREMER, C.F.; ROZENFELD, H.**, "Localização do Planejamento Fino e Controle da Produção na Manufatura Integrada", *Anais do ENEGEP*, Florianópolis , 1993.
- 25- **MELLO, M.C.F.; ROZENFELD, H.**, "Planejamento Fino da Produção como Elo de Integração do chão de fábrica", *COBEM, X*, Brasília, 1993.
- 26- **MENON, S.; KIM, Y.S.**, "Cylindrical Features in Form Features Recognition Using Convex Decomposition, In: *Proceedings of IFIP*", *International Conference on Feature Modeling & Recognition in Advanced CAD/CAM Systems*, Valenciennes, pg.295-314, May, 1994.
- 27- **MORI, M. KURIYAMA, S.**, "Pull Logic Manufacturing Based on CIM to Approach JIT", *IEEE/CHMT European International Electronic Manufacturing Technology Symposium*, 11, USA, pg.134-137, 1992.

- 28- NORDLAND, G.L.**, “Integrating CAPP into Factory Management Systems”, In **TULKOFF, J.**, CAPP from design to Production, Michigan Society of Manufacturing Engineers, pg.134-136, 1988.
- 29- NUNES, A R.P.; COSTA, R. S.; VOTO, F.B.; JARDIM, E.G.M.**, O uso integrado do JIT, MRP II e simulação numa empresa que conjuga produção repetitiva e produção sob encomenda, Anais do 16 Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 1996.
- 30- OSTRENGA, M.R.; OZAN,T.R.; McILHATTAN, R.D.; HARWOOD,M.D.**, “Guia Ernest Young para Gestão Total dos Custos “[Ernest Young Guide To Total Cost Management] primeira edição. Tradutor Nivaldo Montingelli Jr., São Paulo, Ed. Record, 1993.
- 31- PLOSZAJSKI, M.G., SINGH, M.G.; HINDI, K.S.**, “Na Overview of Some Computer Aided Production Management Issves”, Information and Decison Tecnologies, Holand, n.18, pg.405, 1993.
- 32- RIBEIRO, C.E.S.**, “Aplicação da Tecnologia CAPP em Empresas de série unitária, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1997 (Dissertação Mestrado em Engenharia Mecânica).
- 33- ROLSTADAS, A.**, “Architecture for Integrating PPC in CIM”, Human Aspects in Computer Integrated Manufacturing, Anuals of the IFIP, Holand, pg.187-195, 1992.
- 34- ROZENFELD, H.**, “Implantação Distribuída do Planejamento de Processo Assistido por Computador na Manufatura Integrada”, Laboratório de Máquinas e Ferramentas da Escola de Engenharia de São Carlos, USP, pg.200, 1992 (Tese de Cor e docência).
- 35- ROZENFELD, H.**, “Sistema CAPP: Seus Conceitos Casos Práticos e Desenvolvimentos”, Máquinas e Metais, pg124-142, Mar.1994.
- 36- ROZENFELD, H.**, “Para Integrar a Manufatura é Importante o Domínio dos Business Processes”, Máquinas e Metais, pg.32-47, Outubro 1996.
- 37- ROZENFELD, H.; FAVARRETTO, F.**, “Metodologia de Implantação de um Sistema de Planejamento Fino da Produção”, COBEM, X. Brasília, 1993.
- 38- ROZENFELD, H.; SVERZUT, L.F.V.; RIBEIRO, C.E.S.; ALMEIDA, A. S.L. MUSETTI, M.**, “Relato de uma Indústria que se deu bem com a introdução do CAPP”, Máquinas e Metais, pg.22-32, Maio,1992.
- 39- SANTOS, S.M.**, “O Conceito Planejamento Fino e Controle da Produção Aplicado em Ambiente de Ferramentaria”, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Setembro, 1997 (Dissertação Mestrado em Engenharia de Produção).

- 40- **SCHARTNER, A.; PRUET, J.M.**, “Interactive Job Shop Scheduling au Experiment”, Decision Sciences, [S.1] V.22, pg.1024, 1991.
- 41- **SCHEDULEX**, Toronto, Numetrix Co. [Catálogo Produto] - 1991.
- 42- **SCHEER, A.W.**, “CIM Computer Integrated Manufacturing, Towards The Factory of the Future”, 2 Edição Berlim: Springer Verlag Berlim, 1991.
- 43- **SCHEER, A.W.**, “CIM: Evoluindo para a fábrica do Futuro” [CIM: Towards the factory of the Future] primeira edi., Tradutores Patrice C.F.X., Wuillaume e Mathias Mangels, Rio de Janeiro, Ed. Quality Mark, pg. 1-228; 1993.
- 44- **SCHÜTZER, K.**, “Integrierte Konstruktionsumgebung auf der Basis von Fertigungsfeatures”, München, Hausen, ISBN 3-446-18492-9, 1995.
- 45- **SCHULZ, H.; SCHÜTZER, K.**, “Integração de Projeto e Planejamento baseado em Feature”, Máquinas e Metais 27, pg.124-142, Março,1994.
- 46- **SCHULZ, H.; SCHÜTZER, K.**, “Findes, um Sistema Integrado de Projeto Baseado em Features”, Máquinas e Metais, pg. 46-56, nov.1995.
- 47- **SILVA, A.D.P.**, “Uma nova Estratégia de Programação CN em Ambiente CAD/CAPP/CAM”, Florianópolis, set.1990 (Dissertação de Mestrado, Eng. Mecânica, UFSC).
- 48- **SIMS, J.**, CAPP/SFC: Integration through the Process Plan”, In **TULKOFF, J.**, CAPP from design to production, Michigan Society of Manufacturing Engenier, pg.107-115- 1988.
- 49- **SHAH, M.J.; BRECHER, V.H.**, “Distributed Computer Control in Manufacturing”, Computers in Mechanical Engineering [s.1], nov.1995.
- 50- **SOUZA, A. S.; ALBUQUERQUE, A.R.P.L.; PISCINATO, L.C.M.**, “Leitstand Integração entre o Planejamento e o Controle da Produção”, São Paulo, 1991.
- 51- **SPANNO, M.R.; O’GRADY, P.J.; YOUNG, R.E.**, “The Design of Flexible Manufacturing Systems”, Computers in Industry, [S.1], V.21, pg.185-1993.
- 52- **SUTTON, G.P.**, “ Survey of Process Planning Pratices and Needs” Texas: CAM-I, Computer Aided Manufacturing-International, Inc. pg. 1-14, 1988.
- 53- **TIBERTI, J.A.; ROZENFELD, H.**, “Engenharia Simultânea através da Integração otimiza o desenvolvimento de Produtos”, Máquinas e Metais, pg.101-112, dez.1995.
- 54- **TULKOFF, J.**, “Process Plannning: Na Historical review and future prospects, In: 19 th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems” Anais VI-A-2, USA, Pg.207-210, 1987

- 55- TUBINO, D.F.**, “Manual de Planejamento e Controle da Produção”, São Paulo, Editora Atlas, 1997.
- 56- VEGA, A.; AGUIAR, A.; ROSENFELD, H.; PORTO, V.A.**, “Aplicação de ferramentas CAE,CAD,CAPP em processos de negócios definidos pela reengenharia”, Máquinas e Metais, pg.96-107- Junho, 1995.
- 57- VOLLMAN, T.E.**, “Integrated Production and Inventory Management Revitalizing the Manufacturing Enterprise”, USA, Ed. Richard D.Irwin, 1993.
- 58- WYSK, R.A.; CHANG, T.C.**, An introduction to automated process planning system USA, prentice Hall,1985.
- 59- ZHOU, C.; EGBELU, P.J.**, “Scheduling in Manufacturing Shop with Sequence Dependent Setups”, Robotics & Computer, Integrated Manufacturing, U.K.V.5, N1, pg.73, 1989.

BIBLIOGRAFIA

- BUENO, M.**, “Os Coletores de Dados levam a mais Produtividade e menos Custos”, Máquinas e Metais, Junho, 1991.
- CHEN, P.**, “Gerenciando Banco de Dados: A Abordagem Entidade Relacionamento para Projeto Lógico” [Managing Data Bases: The Entity Relationship Approach] Tradução Cecília Camargo, São Paulo, McGraw-Hill, 1990.
- COPPINI, N. L.; BATOCCHIO M. C. A.**, “Sistema Especialista de Banco de Dados em Usinagem para Aplicações em Ambiente Fabril”, Atas do 1º Congresso IBERO - Americano de Eng. Mecânica, Vol. 4, Madrid, Espanha, 1993.
- DATE, C. J.**, “Introdução a Sistemas de Banco de Dados”, Rio de Janeiro, Campus, 1991.
- FERNANDES, F. C. F.**, “A Função de Controle nos Sistema Integrados de Manufatura”, Revista Produção - ABEPRO, Rio de Janeiro, V1, n1, 1990.
- FULMANN, C.; RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J.**, “MRP/MRP II, MRPIII (MRP+JIT+KAMBAN), OPT e GDR”, São Paulo, IMAN, 1989.
- GOTT, B.**, “CAPP Can be The Missing Link” Engineering Computers, USA, May, 1990.
- HAL, R. W.**, “Excelência na Manufatura” Tradução Cecília F. Lucca Et Alii, São Paulo, IMAN, 1988.
- MERTINS, K.; ALBRECHT, R.**, “A Flexible Approach For Advanced Shop Floor Control Systems” Fraunhofer Institute for Production Systems And Design - INK, Munich Germany, 1991.
- MITCHELL, J. F. H.**, “CIM Systems an Introduction to Computer Integrated Manufacturing”, Nova Jersey, Prentice Hall, 1991.
- MOREIRA, D. A.**, “Administração da Produção e Operações”, São Paulo, Pioneira, 1993.
- SCHUTZER, K.**, “Integrierte Konstruktionsumgebung Auf Der Basis Von Fertigungsfeatures” München, Hanser, 1995 - ISBN 3-446-18492-9.
- SCHWINN J.**, “Wissensbasierter CIM - Leitstand”, Germany, 1992 - ISBN 3-528-06447-1.
- SIGHIERI L.; NISHIMARI A.**, “Controle Automático de Processos Industriais - Instrumentação”, São Paulo, Edgard Blücher, 28 Ed., 1973.
- VALLEI, R; CAULLIRAUX H. M.; SIMA A. F.**, “Computer Integrated Manufacturing: Aspectos Organizacionais”, Revista Brasileira de Ciências Mecânicas, Rio de Janeiro, 1995.