

Capítulo 7

Estruturas de Controle para Sistemas de Manufatura na Área de CAM

INTRODUÇÃO

A área de CAM refere-se às atividades de processamento sobre as peças (p.ex. usinagem, soldagem, conformação). Essa área envolve significativamente a execução de tarefas de controle; entretanto, a entrada, o monitoramento e a avaliação dos dados em conjunto com o controle podem também ser funções dessa área. Os sistemas de controle correspondentes podem ser estruturados segundo vários pontos-de-vista.

Uma distinção é feita entre estruturas de controle *funcionais*, de *hardware* e de *software*. A representação do controle e de sistemas de controle em termos de estrutura auxilia em seu projeto e promove a sua compreensão. A seguir, as estruturas serão apresentadas de acordo com estes critérios.

ESTRUTURA FUNCIONAL

As tarefas de controle para equipamentos de fabricação e montagem podem ser subdivididas em três níveis (figura 7.1). O nível intermediário é chamado de sistema de controle supervisorio. Ele geralmente contém os níveis do computador hospedeiro e do controlador da célula, e tradicionalmente ele teve uma interligação “off-line” ao planejamento e controle da produção (PCP). Mais recentemente, tem-se realizado o interfaceamento “on-line”, com a implementação gradual do conceito de CIM.

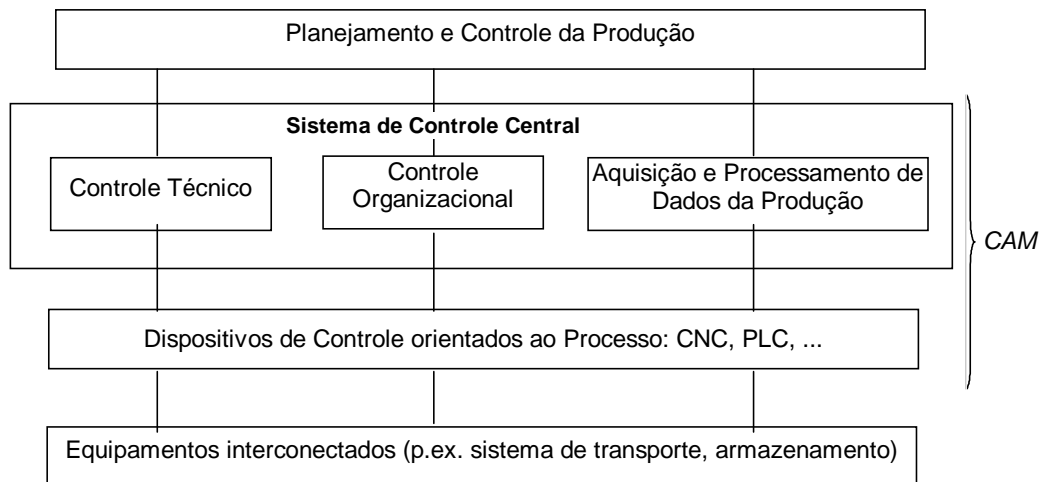


Figura 7.1. Níveis de controle para a manufatura flexível

A dimensão vertical da estrutura da figura 7.1 distingue entre controle técnico, controle organizacional e aquisição e processamento de dados de máquinas e manufatura.

Tem havido um aumento na quantidade de malhas fechadas de controle, nas quais introduz-se informações sobre o estado do sistema (ou produto) (p.ex. dados de qualidade), as quais têm um efeito direto sobre os dados de controle técnicos e organizacionais dentro do sistema de controle.

As principais tarefas do sistema de controle central, de acordo com a figura 7.1, são:

- Controle Técnico:
 - ◊ Gerenciamento e distribuição de programas NC (DNC).
- Controle Organizacional:
 - ◊ Planejamento detalhado e execução de tarefas.
 - ◊ Geração de dados de controle para o fluxo de peças e ferramentas.
- Aquisição de Dados da Produção
 - ◊ Aquisição e processamento de dados da fabricação, máquinas e situação (estado) do sistema de manufatura
 - ◊ Processamento de dados e documentação, e realimentação de dados operacionais são tarefas para o sistema de controle. Os dados podem ser introduzidos através de sensores, por exemplo.

A figura 7.2 ilustra os níveis de *planejamento*, *controle supervisorio* e da *célula*. O nível de planejamento contém atividades como CAD, CAPP e PCP. As atividades de planejamento executadas incluem a geração de desenhos de manufatura, e planos de processo, testes e ferramentas. Esses documentos são utilizados no nível de controle supervisorio para especificar dados para a seqüência de processos.

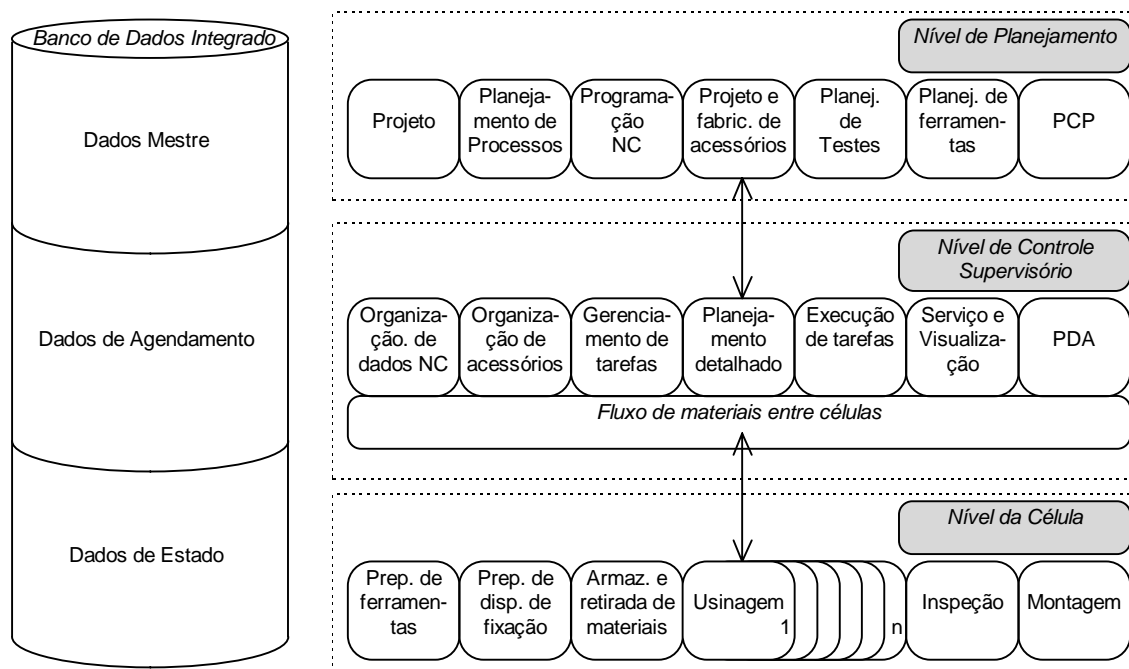


Figura 7.2. Estrutura hierárquica de um sistema de manufatura com níveis de processamento de informações

Algumas das subfunções acima são descritos mais detalhadamente a seguir:

- O *gerenciamento de tarefas* (peças, subconjuntos) converte os dados das especificações para um formato interno ao sistema, gerencia as tarefas e retorna dados reais correspondentes.
- O *planejamento detalhado* processa os dados da especificação dos planos advindos do nível acima, levando em conta as circunstâncias do sistema específico tais como o tamanho do magazine de ferramentas, ou critérios para a otimização do setup. As tarefas principais a serem executadas incluem:
 - ◇ agendamento detalhado dos passos da manufatura;
 - ◇ determinação das exigências de acessórios de manufatura;
 - ◇ encomendas referentes à preparação dos acessórios.O resultado do planejamento detalhado corresponde à agenda da tarefa, declarando quais peças devem ser usinadas e em qual estação. A agenda da peça serve como uma especificação para a execução da peça.
- A *execução da tarefa (peça)*, que inclui o controle da seqüência de fabricação, permite uma operação totalmente automática do sistema de manufatura. Baseado na realimentação do nível inferior e no estado atual do sistema, nessa atividade decide-se quais processos devem ser executados logo a seguir. Ele é governado pelo objetivo primordial que é satisfazer o mais possível os dados da especificação contidos no planejamento detalhado, na forma do agendamento da peça.
- *Organização dos acessórios* (ferramentas, dispositivos de fixação e acessórios para testes). As tarefas mais importantes são:
 - ◇ gerenciar dados representativos reais dos acessórios de manufatura.
 - ◇ gerenciar a descrição de cada tipo de acessório.
 - ◇ dar suporte ao planejamento detalhado envolvendo a determinação das exigências.
- *Organização dos dados NC* (sistema DNC). Esta verificação inclui programas de inspeção NC, programas de robôs, instruções operacionais para estações manuais ou montagem de ferramentas. Dados NC são considerados dados suplementares, isto porque não há um fluxo de materiais para serem controlados nesse caso. As tarefas são:
 - ◇ gerenciamento de dados NC;
 - ◇ transmissão de arquivos de dados de/para sistemas de controle de máquinas;
 - ◇ gerenciamento da memória do CNC;
 - ◇ disponibilidade de testes antes que peças sejam carregadas;
 - ◇ preparação dos equipamentos de manufatura para um processo de acordo com o plano de acessórios.

- O *controle de fluxo de materiais* gerencia as ordens de transporte geradas pela execução automática da tarefa ou pelo operador no sistema de manufatura, envia estas para os sistemas de controle do dispositivo de transporte, e coordena os processos de transporte.
- *Serviço e visualização*. Este sistema representa a interface de um sistema de controle e é crucial no que se refere à sua aceitação pelo operador. A interface com o usuário permite uma intervenção ativa no sistema e controle automático ou semi-automático da fábrica. Além dos dados de estado do sistema atual, o sistema de visualização pode também mostrar informações mais detalhadas (p.ex. estatísticas) que dão suporte ao controle da fábrica pelo operador. Atividades preparatórias atuais correspondem ao nível da célula (figura 7.2), por exemplo, ferramentas e dispositivos de fixação são disponibilizados antes que a tarefa inicie, e os dados de controle são transmitidos ao sistema CNC da máquina a tempo.

Com a integração do fluxo de dados operacionais, as interfaces entre o sistema de controle supervisão e a camada de planejamento aumentam em importância. Devem haver interfaces para:

- PCP:
 - ◇ recebimento de dados de fabricação da peça;
 - ◇ realimentação do progresso da manufatura;
 - ◇ notificação de falhas.
- Preparação da tarefa:
 - ◇ recebimento de dados de NC e planos de processo;
 - ◇ transferência de dados corrigidos.

Da mesma forma, as interfaces com o nível da célula são importantes para uma estrutura de planejamento bem definida. Isto inclui interfaces para:

- Preparação de ferramentas e presetagem
 - ◇ recebimento de dados de ferramentas advindas das operações de presetagem de ferramentas;
 - ◇ transferência dos dados atuais do estado das ferramentas após o uso das ferramentas.

ESTRUTURAS DE HARDWARE

A figura 7.3 mostra a organização funcional e de hardware de uma estrutura de controle que era típica nos anos 70. A figura mostra um DNC, o controle do programa, o controle funcional e níveis “servo” (de controle de equipamentos). As primeiras implementações práticas de sistemas CNC continham distribuição de dados e níveis de gerenciamento de programas, tarefas que correspondem às funções básicas de um sistema DNC. No final dos anos 60 elas eram as primeiras funções de controle a serem efetuadas utilizando-se um computador em tempo real. O controle do programa envolve a

remoção de uma linha de programa e a emissão de comandos de funções. O controle funcional associa comandos de funções com comandos de saída para atuadores, levando em conta a realimentação. Deve-se perceber na figura que as entradas manuais indicam que a interligação automática entre os níveis não é necessária em princípio. As características dessa estrutura na figura 7.3 incluem a correspondência funcional e de hardware dos níveis com uma implementação com cabeamento fixo (“hard-wired”) dos níveis de programa e controle (NC e PLC). Cada nível possui subníveis de entrada, processamento e saída.

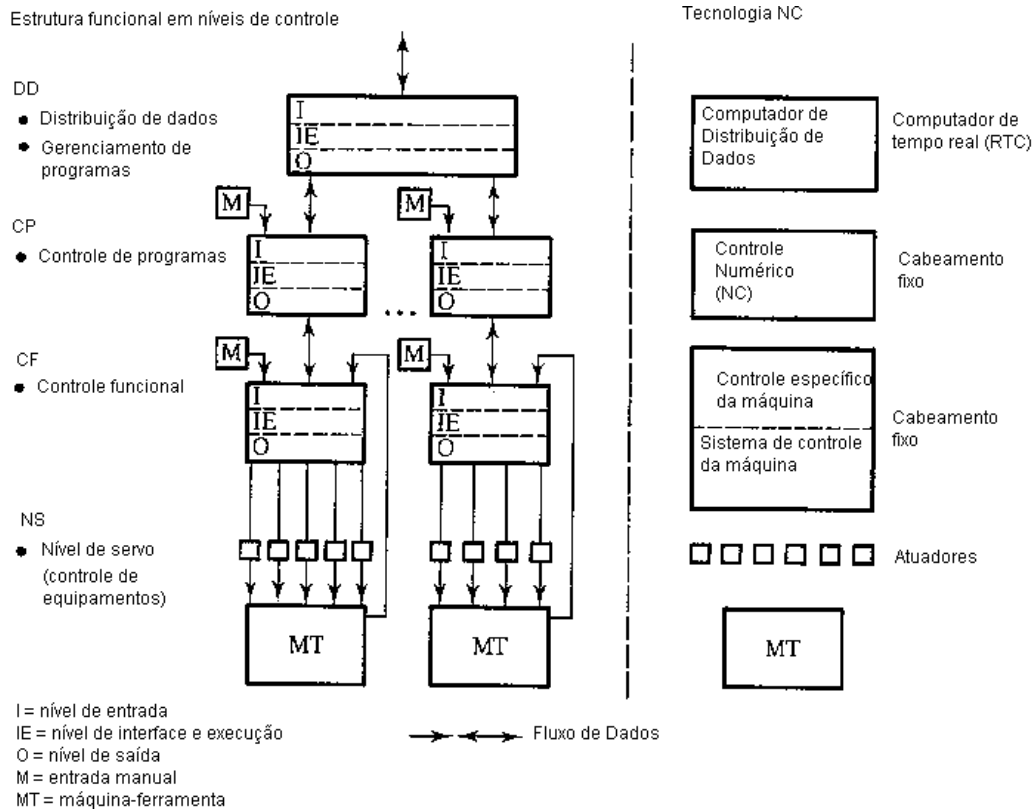


Figura 7.3. Estrutura de um sistema de controle de máquina

Com o desenvolvimento da tecnologia de computadores, a estrutura de um DNC foi introduzida no início dos anos 80 (ver figura 7.4). Esta figura ilustra os níveis de distribuição de dados, de controle de programas, de controle funcional e de controle de equipamentos (servo). Entretanto, o contorno entre os níveis funcional e de hardware não é mais claramente definido. Os níveis de hardware cobrem mais do que um nível funcional. Além disso, extensões funcionais são agora possíveis, e soluções “soft-wired” (CNC, PLC) são a regra.

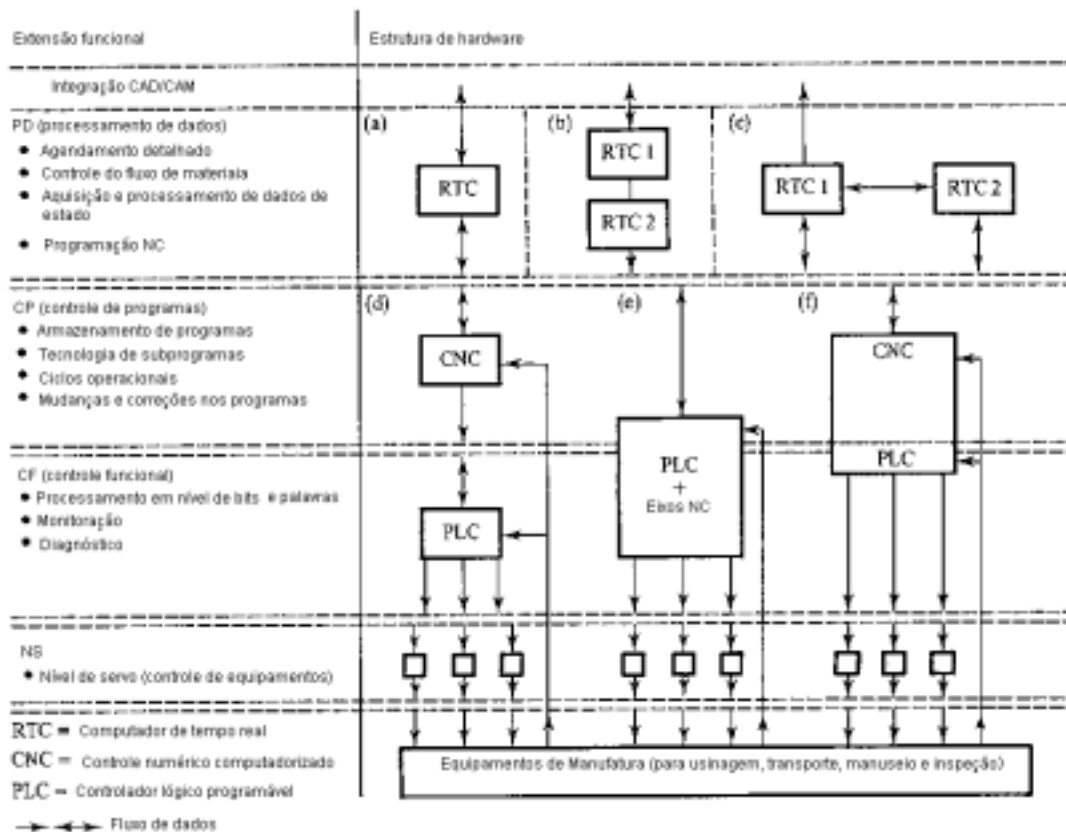


Figura 7.4. Estrutura de um sistema de controle

Os componentes de hardware dos sistemas de controle são, de acordo com as figuras 7.3 e 7.4, computadores controladores, dispositivos de controle do processo e de máquinas, e sistemas de comunicação. Tarefas centrais de controle ou funções de controle supervisorio (que são similares) são atribuídas a computadores de controle. Os avanços na tecnologia de computadores resultou também na mudança no escopo funcional e na estrutura de sistemas de controle, como por exemplo o uso de microcomputadores com características de controle em tempo real. Entretanto, deve-se notar o aumento significativo nos preços de software.

A figura 7.5 ilustra os desenvolvimentos mais recentes na estrutura de hardware, com computadores hospedeiros e controladores de célula. Estes últimos não são usados somente em usinagem, mas também outras funções tais como transporte, inspeção e gerenciamento de ferramentas. Vantagens incluem uma construção incremental, uma estrutura modular, uma elevada disponibilidade e uma atribuição opcional de funções de controle ao computador hospedeiro ou aos níveis do controlador da célula.

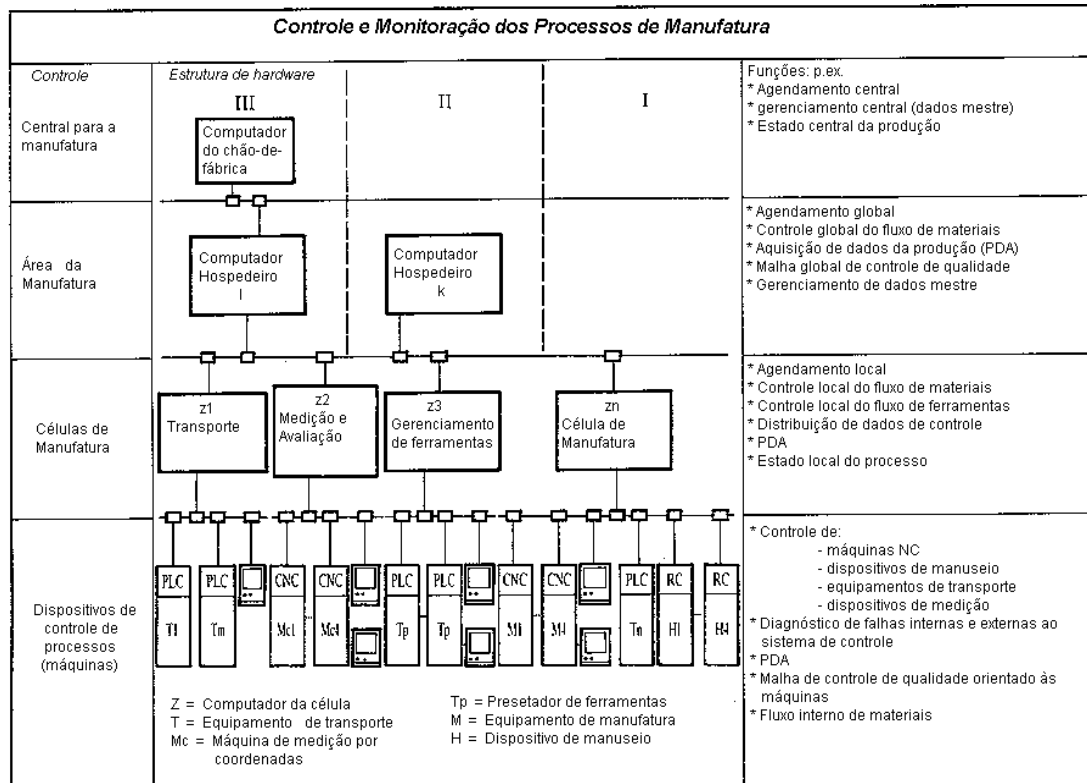


Figura 7.5. Nível hierárquico de um CIM

Nota-se que as áreas funcionais e de tarefas foram descritas. Porém, nada foi mencionado a respeito das tarefas reais a serem executadas através do sistema de controle supervísório, e o compartilhamento dessas tarefas entre o computador hospedeiro e os níveis do controlador da célula. A utilização dos mesmos blocos funcionais tanto no nível de controle supervísório quanto no nível da célula é tecnicamente possível. Mesmo as estações manuais podem ser incluídas. Dois exemplos são dados a seguir.

A figura 7.6 mostra um FMS para a produção de peças prismáticas usinadas com precisão. Os equipamentos deste sistema incluem quatro centros de usinagem com armazenamento de ferramentas e uma máquina de medição por coordenadas. Seu controle central é executado por um computador hospedeiro (figura 7.7). A memória principal contém 512Kbytes de RAM, e dois discos rígidos de 10Mbytes cada. Dois terminais são usados para servir o sistema de controle. Um desses terminais localiza-se na área de fixação da peça, e uma impressora está ligada para mensagens operacionais.

Tanto o NC como o PLC são interligados através de interfaces seriais com o computador hospedeiro. O sistema de controle para o dispositivo de transporte inclui o controle do eixo para posicionar o veículo, e o controle de seqüência para o manuseio dos pallets. Além disso, o sistema de controle do dispositivo de transporte é responsável pelo controle tanto da posição de fixação da peça, quanto do trocador de pallets da máquina de medição por coordenadas.

Para sincronizar os dispositivos de transporte e os trocadores de pallets do centro de usinagem durante a transferência de pallets, o PLC das máquinas e os dispositivos de transporte são também interligados. Portanto, colisões são evitadas mesmo durante a operação manual quando o computador hospedeiro estiver desligado.

A figura 7.8 mostra o controle de hardware e a estrutura de rede de um sistema piloto numa instituição em Stuttgart, Alemanha¹. Importantes elementos incluem as estruturas “bus”, o controle da manufatura e tarefas de planejamento (PCP e CAPP) (ver figura 7.1), e a abordagem de ligação dos dispositivos periféricos (utilizou-se também interfaces RS 232C).

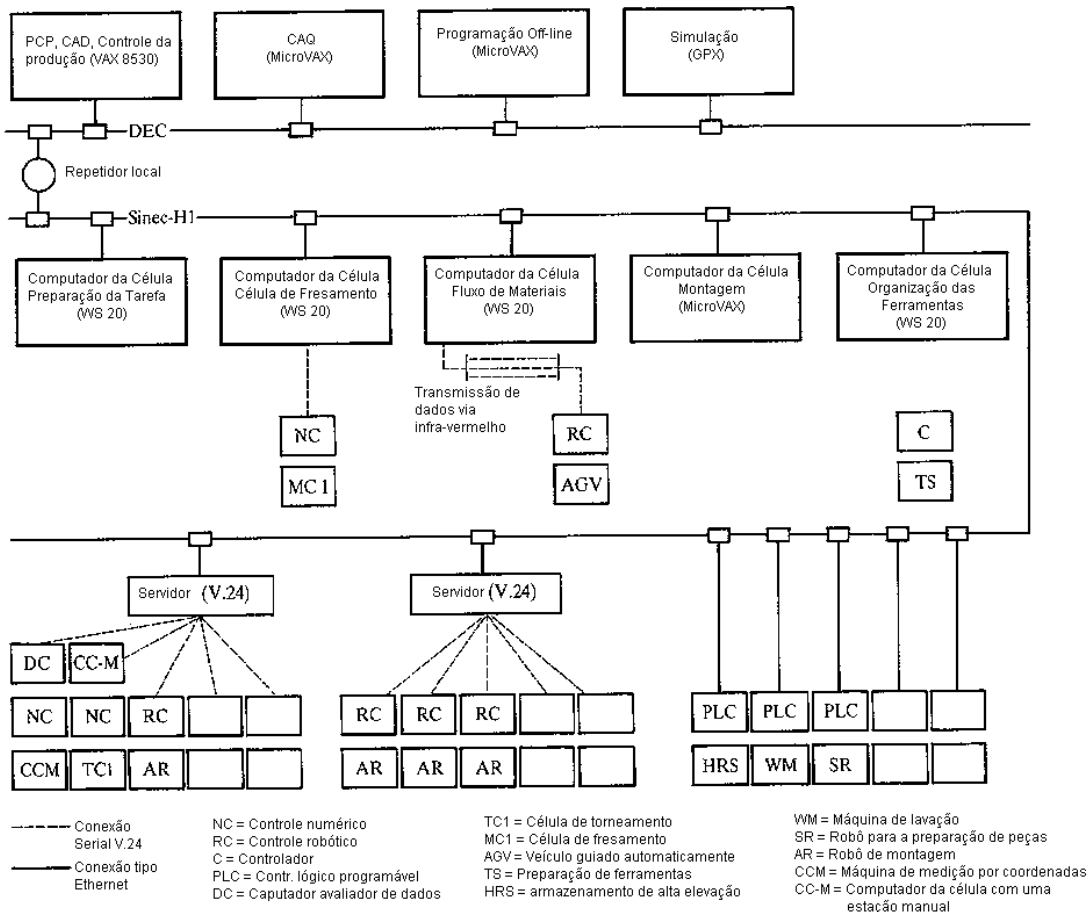


Figura 7.8. Arquitetura de computadores e comunicação de uma instalação CIM numa instituição em Stuttgart - Alemanha

¹ Institute for Control Technology for Machine Tools and Manufacturing Systems
 Sistemas Integrados de Manufatura

Na figura 7.8 a estrutura de controle para equipamentos flexíveis de montagem é também ilustrada. Para sistemas de montagem, são utilizadas considerações estruturais funcionais e orientadas aos equipamentos (semelhantes às de fabricação) (figura 7.9). Percebe-se nesta figura uma estrutura hierárquica, onde vários controladores de estações (nível de controle supervísório) são descentralizados em relação aos equipamentos (nível da célula). A figura também mostra tarefas nestes níveis. Considerações funcionais e orientadas aos equipamentos são combinadas nesta figura. Pode-se notar um compartilhamento de tarefas entre o controle supervísório e os sistemas de controle da célula e da estação. O planejamento da montagem especifica seqüências, quantidades, ocupação da célula e estação, e cargas, enquanto o sistema de controle da montagem usa estes dados para executar uma coordenação total. No nível da célula utiliza-se PLCs ou computadores em tempo real. As estações devem ser capazes de funcionar de forma autônoma. O fluxo de dados através de todos os níveis da hierarquia de controle numa célula de montagem é mostrada na figura 7.10. Esta figura mostra as funções de entrada de dados referentes ao estado da montagem, dados de qualidade e dados de falhas. O controle do operador envolve mudanças em parâmetros localizados permitindo uma adaptação ao comportamento atual.

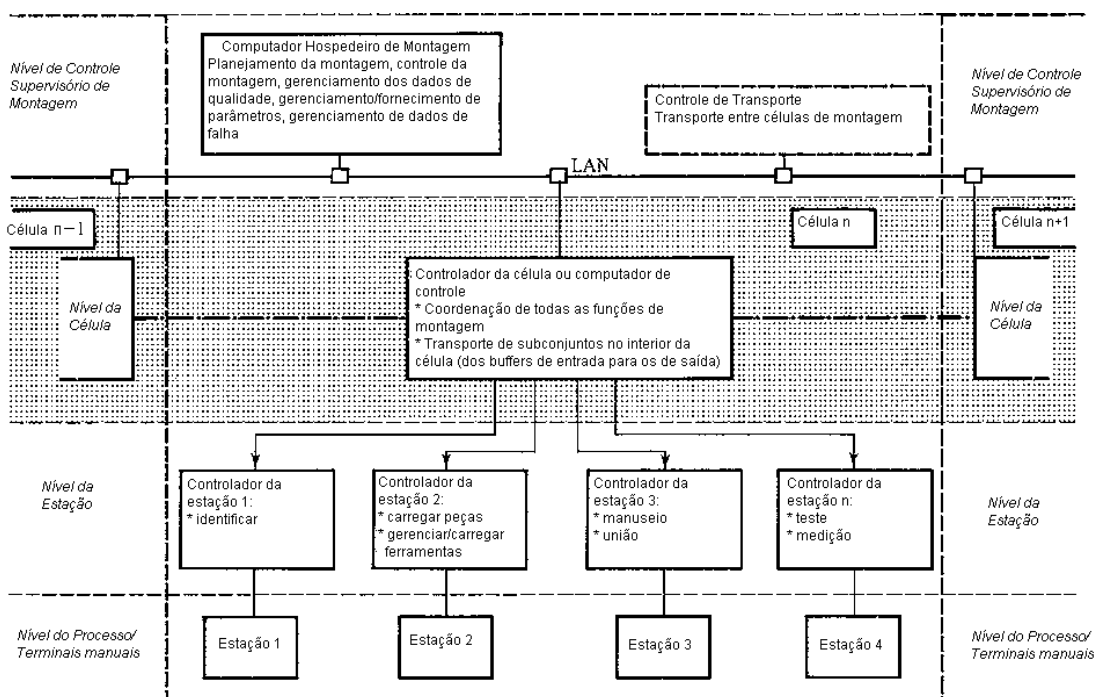


Figura 7.9. Arquitetura de controle de uma célula de montagem

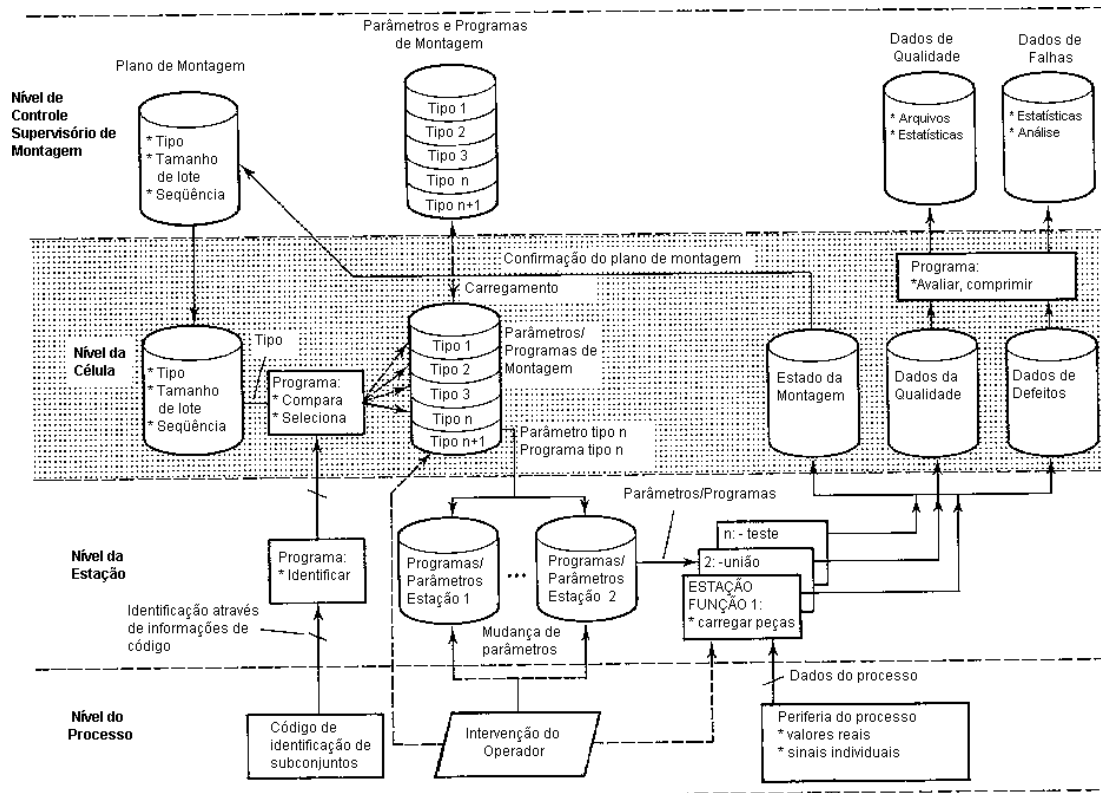


Figura 7.10. Fluxo de informações numa célula de montagem

ESTRUTURAS DE SOFTWARE

A implementação de software de sistemas de controle requer funções especiais de sistemas operacionais, programas e arquivos de usuário, dados mestre, temporários e de estado (ver figura 7.2), e também a documentação. No todo, a arquitetura completa do software determina a confiabilidade e disponibilidade do sistema de manufatura.

Mesmo quando FMSs foram desenvolvidos no início, tentativas foram feitas para construir softwares modulares, nos quais cada módulo era definido de forma precisa, incluindo uma função interna para a sua execução. Os módulos do usuário para controlar e monitorar os fluxos de dados e materiais na fábrica obtêm suas instruções a partir de realimentação do processo de manufatura. Além dessa realimentação, várias mensagens de alarme dos equipamentos e entradas do operador no chão-de-fábrica devem ser obtidas.

Essas tarefas podem ser executadas somente por computadores em tempo real. Para dar suporte à construção modular, as funções são implementadas em blocos funcionais que são executados como programas (tarefas) em separado (independentes). Isto resulta em exigências de computadores tais como multi-tarefa e a sincronização das tarefas. Linguagem especiais de programação foram desenvolvidas para permitir a implementação geral dessas exigências². Além dos blocos que descrevem a execução, estas linguagens também contêm blocos para a troca de dados entre tarefas e

com dispositivos de controle orientados ao processo (p.ex. controladores de máquinas). Devido ao suporte inadequado de fabricantes de computadores (licenças de software), estas linguagens são hoje em dia raramente utilizadas. Linguagens comumente utilizadas em sistemas de controle são Fortran e C. Nestas linguagens, as exigências acima devem ser satisfeitas através de subrotinas do sistema operacional. A maioria dos sistemas operacionais fornecem as seguintes características para uma troca rápida de dados entre tarefas (ver figura 7.11):

- memória compartilhada, seções globais (áreas comuns de dados na memória de trabalho);
- caixas de postagem (para mensagens).

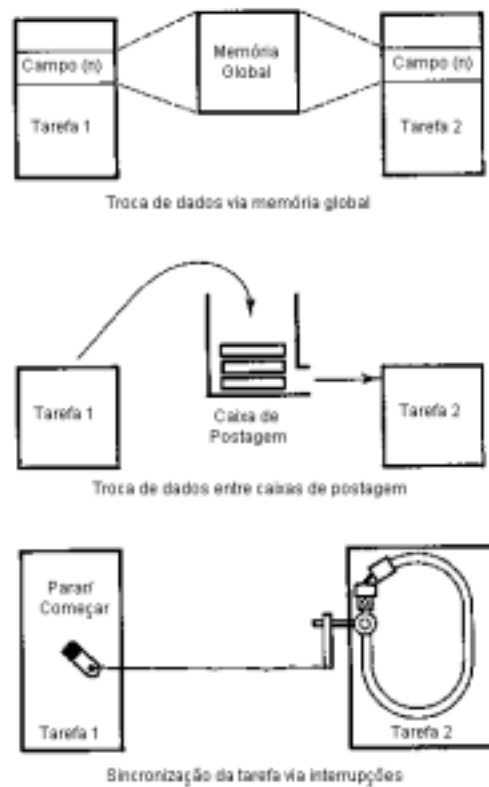


Figura 7.11. Possibilidades para a troca de dados e sincronização de tarefas

A sincronização de tarefas, e também a sincronização das tarefas e os dispositivos de controle orientados ao processo pode envolver:

- interrupção de software;
- caixas de postagem com pontos de espera.

² Por exemplo, PEARL - “Process and Experiment Automation Realtime Language”

Com o uso de subrotinas do sistema operacional, as tarefas do sistema de controle tornam-se parcialmente específicas do sistema operacional, e portanto dependentes do tipo de computador utilizado.

Nos primeiros sistemas de controle, a estrutura funcional do sistema de controle era mapeado para os programas de controle (figura 7.12). Nessa estrutura, os módulos funcionais possuem várias interfaces. Por exemplo, o agendamento interno (planejamento detalhado com a execução da tarefa) baseia-se nas interfaces com os blocos “fluxo de peças”, sistema DNC, sistema de aquisição de dados da produção (PDA), o operadores; além disso, ele depende de informações sobre os dados mestre, os dados temporários (agendamento) e de estado. A implementação de cada uma destas interfaces individuais requer que o programa chame várias subrotinas do sistema operacional, e devido a isso, os blocos funcionais individuais podem conter mais do que 50% de comandos específicos do sistema operacional. Em consequência, o teste dos módulos funcionais e a colocação do sistema de controle em operação são dificultados por esta estrutura. Além disso, com a estrutura do programa fortemente contendo ligações em rede, a troca de módulos funcionais ou a adaptação a uma outra fábrica torna-se praticamente impossível, e extensões são difíceis. Entretanto, o projeto de estruturas flexíveis de produção com controle auxiliado por computador tem tido um efeito benéfico tanto no desenvolvedor como no usuário, pelo qual mais tentativas têm sido feitas para produzir software adaptável de controle.

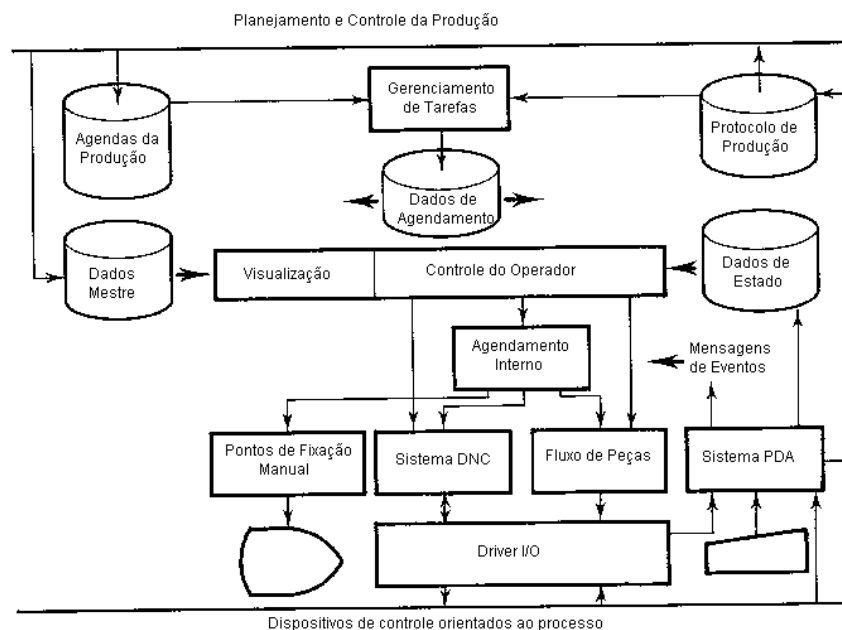


Figura 7.12. Componentes de uma estrutura de controle funcional e orientada ao software

Sistemas abertos de controle devem ser desenvolvidos com as seguintes características:

•**Independência da fábrica:** O sistema de controle deve ser utilizável em diferentes configurações de sistemas e em níveis hierárquicos diferentes (p.ex. no nível de controle supervisorio, ou no nível da célula).

Para atingir uma independência da fábrica, as funções de um sistema de controle devem ser especificadas; deve-se buscar o compartilhamento de tarefas entre as funções independentes da fábrica e aquelas que são específicas da fábrica. A figura 7.13 mostra tal subdivisão para o exemplo de um DNC, onde vários níveis de interfaces com diferentes graus de dependência da fábrica são especificados.

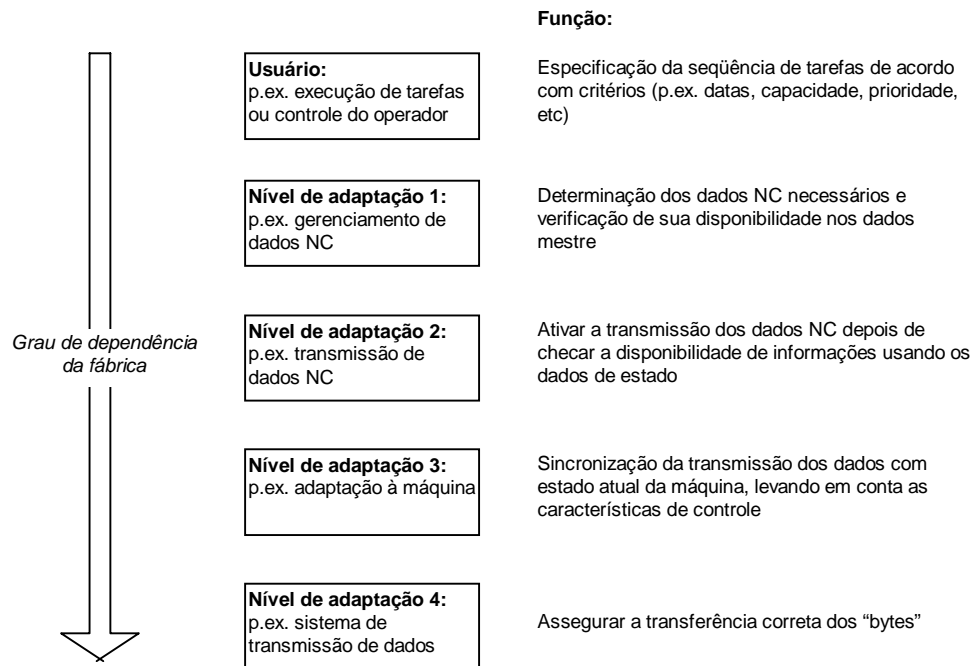


Figura 7.13. Obtendo-se independência modular através de interfaces padronizadas

A estrutura funcional de todas as unidades do nível de controle supervisorio na figura 7.14 dá suporte a esta subdivisão e facilita a troca de módulos funcionais individuais em conjunto com uma maior facilidade para uma futura extensão.

Entretanto, o problema de adaptabilidade é somente parcialmente resolvido por esta estruturação, uma vez que cada bloco de construção funcional individual, particularmente nos níveis mais baixos da figura 7.13, deve processar informações específicas da peça para executar a sua função. Portanto, deve-se evitar ao máximo armazenar implicitamente no código do programa, parâmetros, estratégias ou seqüências específicas da fábrica, mas explicitamente em arquivos facilmente editáveis. Na figura 7.15 ilustra-se esses arquivos, que são chamados de "base de dados de configuração". Os blocos funcionais devem ser programados para serem válidos genericamente, e devem efetuar suas tarefas específicas da fábrica somente depois de interpretar esta base de dados em tempo de execução.

A base de dados de configuração é gerada usando-se máscaras gráficas de diálogo, ou linguagens gráficas formais de descrição como Redes de Petri ou Grafos de Estado.

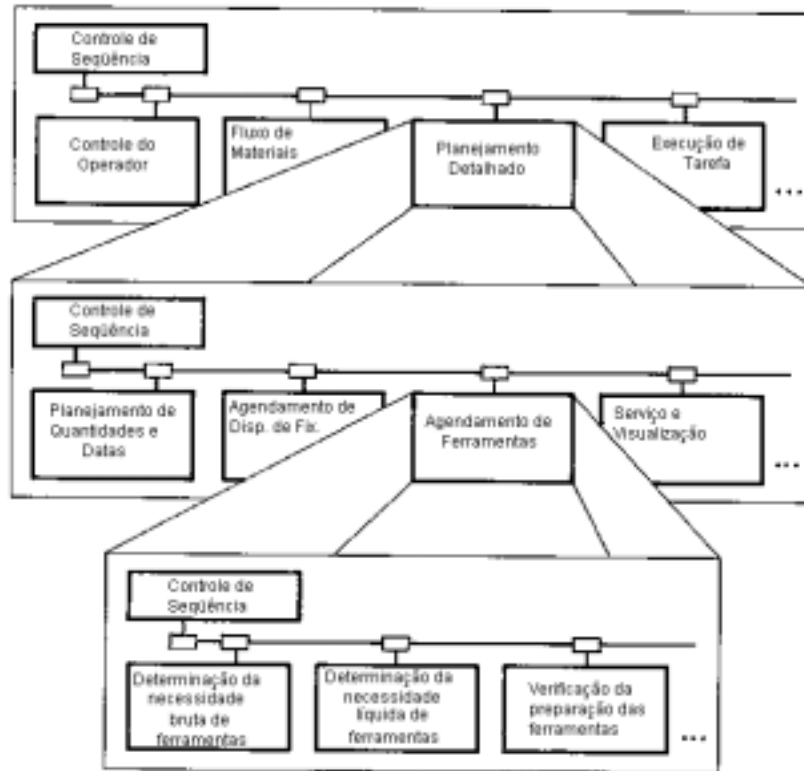


Figura 7.14. Descrição hierárquica da função de controle “*planejamento detalhado*”

•**Independência do procedimento:** Além das funções de controle na área da manufatura, aquelas associadas com a montagem ou com a preparação de acessórios devem ser consideradas.

•**Independência do computador:**

- ◊ independência do sistema operacional;
- ◊ independência da estrutura de hardware.

A independência de computadores pode ser atingida pelo uso de um bloco de comunicações (figura 7.16). Desta forma, todas as chamadas ao sistema operacional concentram-se neste bloco e em módulos de tarefas interativas. Com uma subdivisão consistente das funções individuais em blocos funcionais autônomos, cada bloco requer somente uma interface (isto é, subprograma com instruções específicas do sistema operacional) para enviar e receber mensagens de comando e para conexões em tempo real (interrupções, sincronização de programas) de tarefas entre elas e com o processo. Além da possibilidade do projeto e consolidação gradual, este procedimento também oferece as seguintes vantagens:

- ◊ Blocos funcionais do programa de controle podem ser dispostos em vários computadores. Na figura 7.2 várias funções foram atribuídas aos níveis supervisorio e da célula.

- ◇ Troca mais fácil de blocos funcionais através de mensagens padronizadas entre blocos funcionais e componentes do processo.
- ◇ O sistema de controle é mais modular e a adaptação a computadores específicos é simplificada.

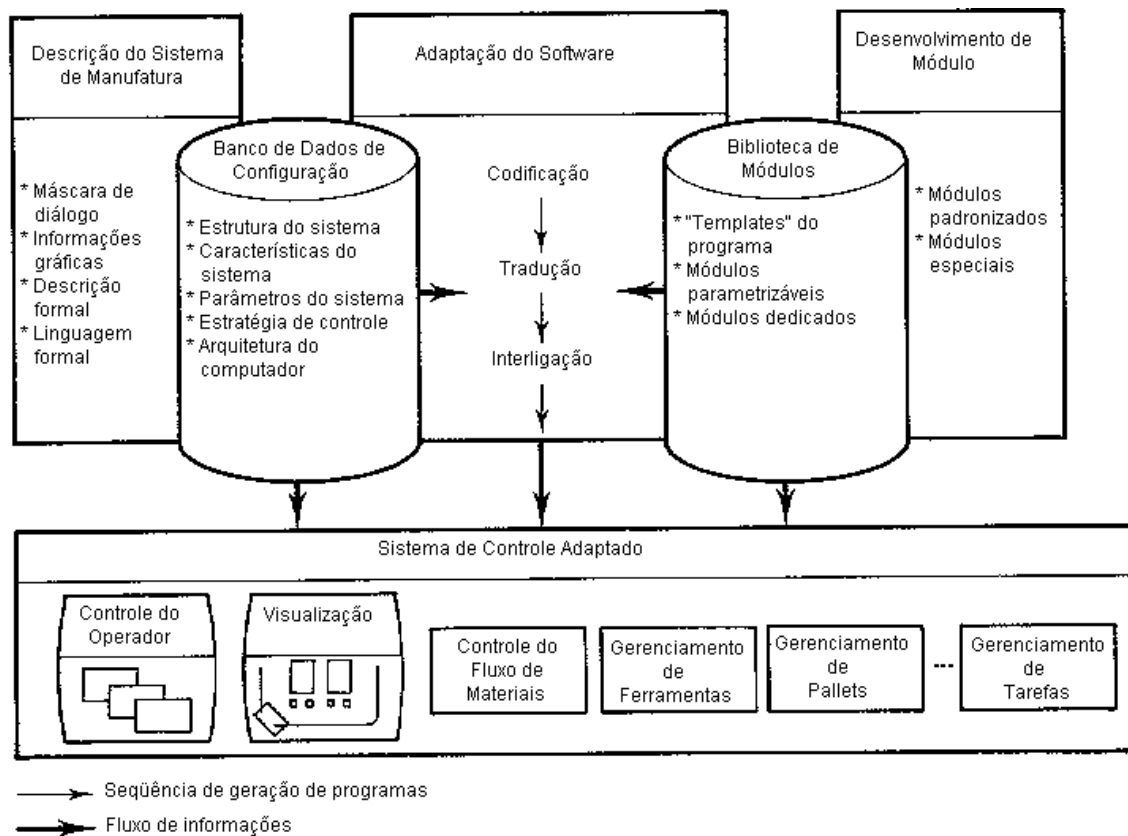


Figura 7.15. Sistema de controle adaptável para a manufatura e montagem flexível

Os dados necessários para o sistema de controle são subdivididos nos seguintes grupos (ver Capítulo 4): dados mestre (“master”); dados de agendamento (temporários); dados de estado.

Os dados mestre são praticamente constantes ao longo do tempo. Isto inclui, por exemplo, a descrição de um acessório de manufatura e também os dados de planejamento (p.ex. planos de processo). Os dados mestre consistem principalmente de dados mais ou menos permanentes que são menos freqüentemente acessados. Portanto, é suficiente armazenar estes dados num armazenador periférico, como discos ou fitas. Acesso simultâneo a estes dados é disponível a um número de programas (tarefas). Quando altera-se os dados mestre, em particular listas em formato texto, usando-se o editor, a área correspondente de dados básicos é protegida para evitar inconsistências nos dados. Tais dados são armazenados até que sejam explicitamente excluídos (deletados).

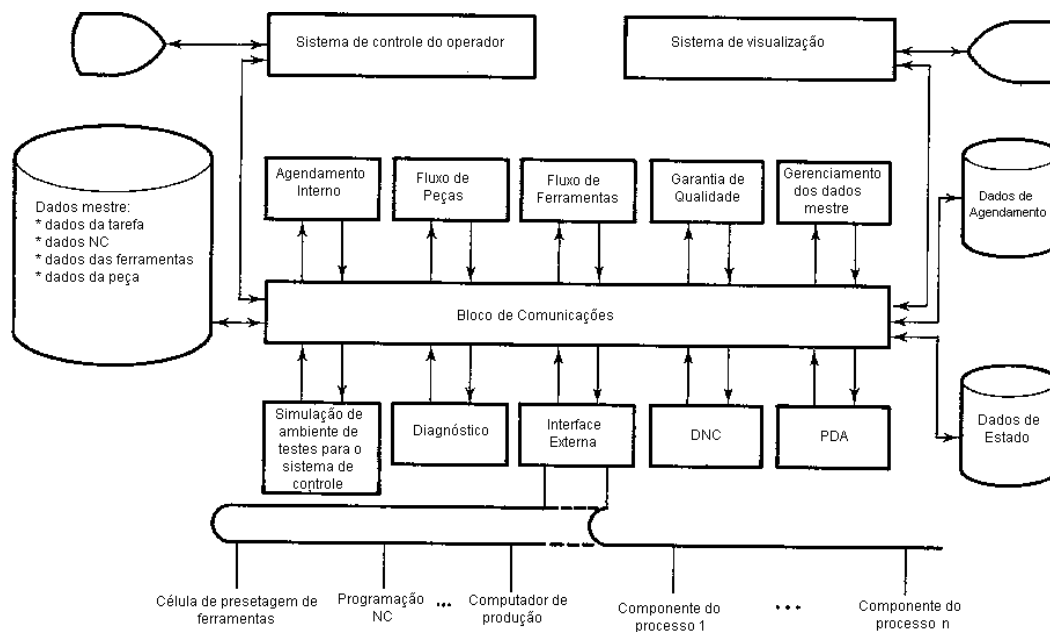


Figura 7.16. A estrutura de software do sistema de controle do instituto ISW

Dados de agendamento referem-se a um período de planejamento tal como um turno, um dia ou um período de manufatura. Exemplos típicos incluem o agendamento de tarefas ou a lista de suprimento de ferramentas que declara quais ferramentas devem ser preparadas para o dado período planejado. Depois que todas as avaliações estatísticas para o dado período forem completadas, os dados de agendamento são implicitamente excluídos.

Dados de estado incluem todos os dados que variam no tempo, por exemplo entradas descrevendo a localização atual e o estado dos acessórios no sistema. Uma particularidade destes dados é a definição de um contorno do sistema, pois os dados são excluídos logo que um acessório deixa o sistema. Os dados de estado (que são como uma “foto” do sistema) incluem todos os dados que mudam frequentemente e rapidamente. Em particular, o controle do fluxo de materiais e o agendamento interno ou planejamento detalhado frequentemente lêem o estado do sistema enquanto o sistema de aquisição de dados da fábrica atualiza (altera) os dados. Portanto, estes dados não podem ser armazenados num dispositivo periférico. Neste caso, o acesso à leitura seria muito lento e haveria um travamento constante para prever inconsistências, e isto seria intolerável. Para satisfazer estas exigências, o estado do sistema é armazenado diretamente na memória de trabalho do computador. Por razões de segurança, como os dados na memória são perdidos em caso de quebras, o estado do sistema completo é armazenado ciclicamente num dispositivo periférico.

ORGANIZAÇÃO DE ACESSÓRIOS DE MANUFATURA ASSISTIDA POR COMPUTADOR

Quando deseja-se uma elevada disponibilidade organizacional de sistemas de manufatura e montagem controlados por computador, é essencial que dados e materiais (peças, ferramentas, *Sistemas Integrados de Manufatura*

dispositivos de teste, dispositivos de fixação) sejam identificados sem ambigüidade (isto é, sejam únicos), e sejam preparados no tempo certo. A organização de acessórios de manufatura assistida por computador tem esse objetivo, e será descrita nesse item.

Acessórios de manufatura incluem peças, ferramentas, dispositivos de teste, dispositivos de fixação (figura 7.17). A organização de acessórios na empresa pode ser subdividida em cinco áreas funcionais (figura 7.18): planejamento, gerenciamento e controle, agendamento, fornecimento e uso. Esta classificação refere-se também ao tempo: enquanto tarefas de planejamento são executadas durante períodos longos, o uso é ligado diretamente ao processo de manufatura.

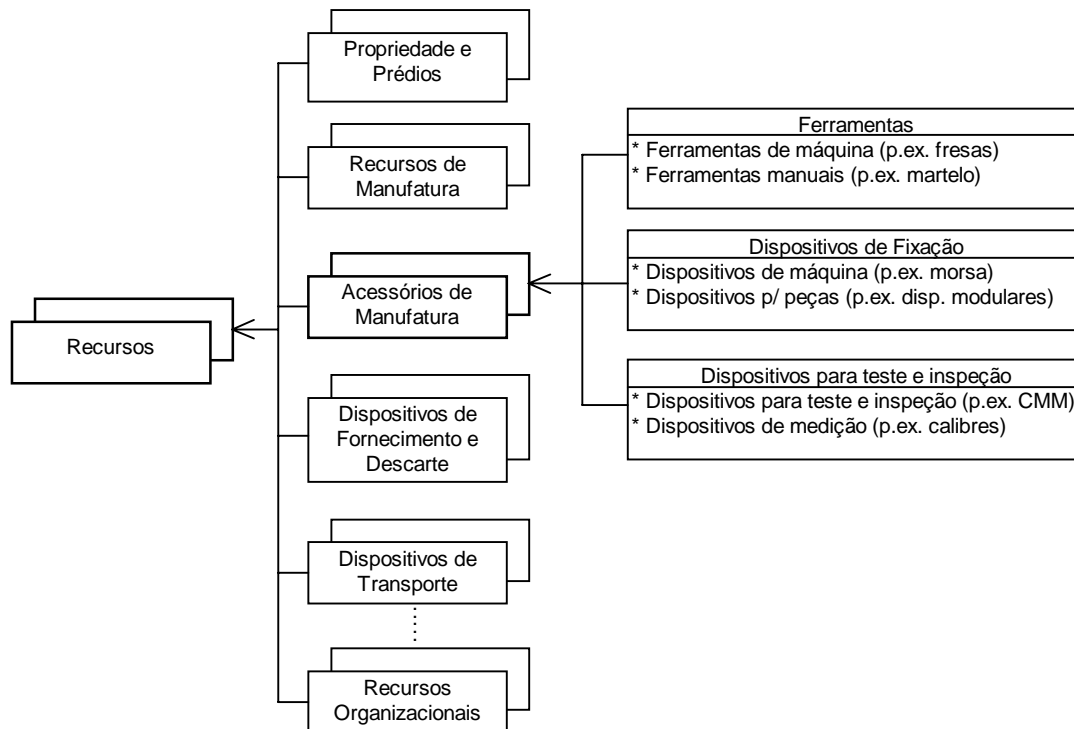


Figura 7.17. Estrutura dos acessórios de manufatura como parte dos recursos

A seguir, descreve-se os efeitos decorrentes da racionalização das ferramentas, através do auxílio do computador. Na organização inclui-se a entrada de dados, conservação e gerenciamento, em conjunto com o acesso a estes dados, do ponto-de-vista da tarefa.

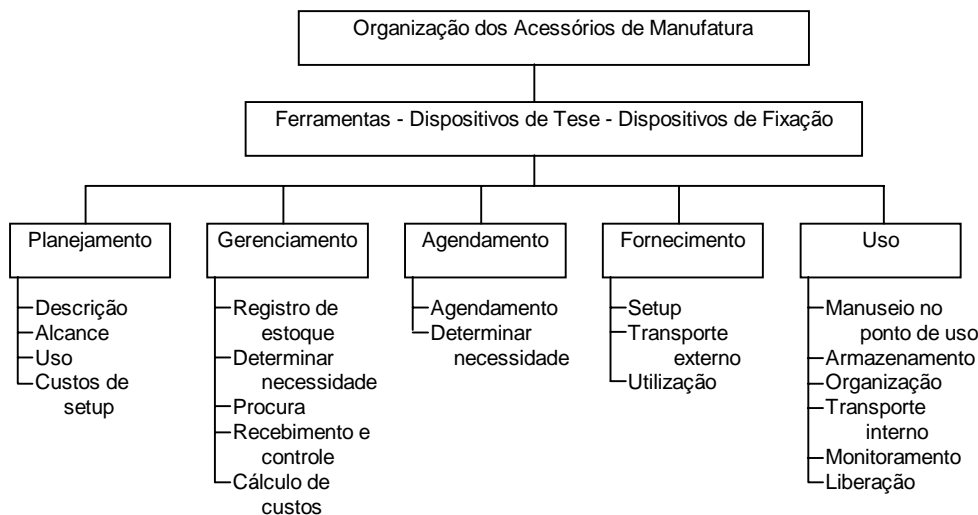


Figura 7.18. Acessórios de manufatura

A classificação funcional de uma organização de ferramentas deve ser integrada a uma estrutura operacional. A figura 7.19 ilustra isto para o conceito de CIM usando o gerenciamento de ferramentas como um exemplo. Esta estrutura contém somente entradas de dados e tarefas referentes às ferramentas. A figura mostra as funções atribuídas às áreas operacionais tais como PCP, planejamento de tarefas e programação NC, em conjunto com a tecnologia de controle de máquinas. As interfaces são muito importantes neste esquema, bem como a manutenção dos dados.

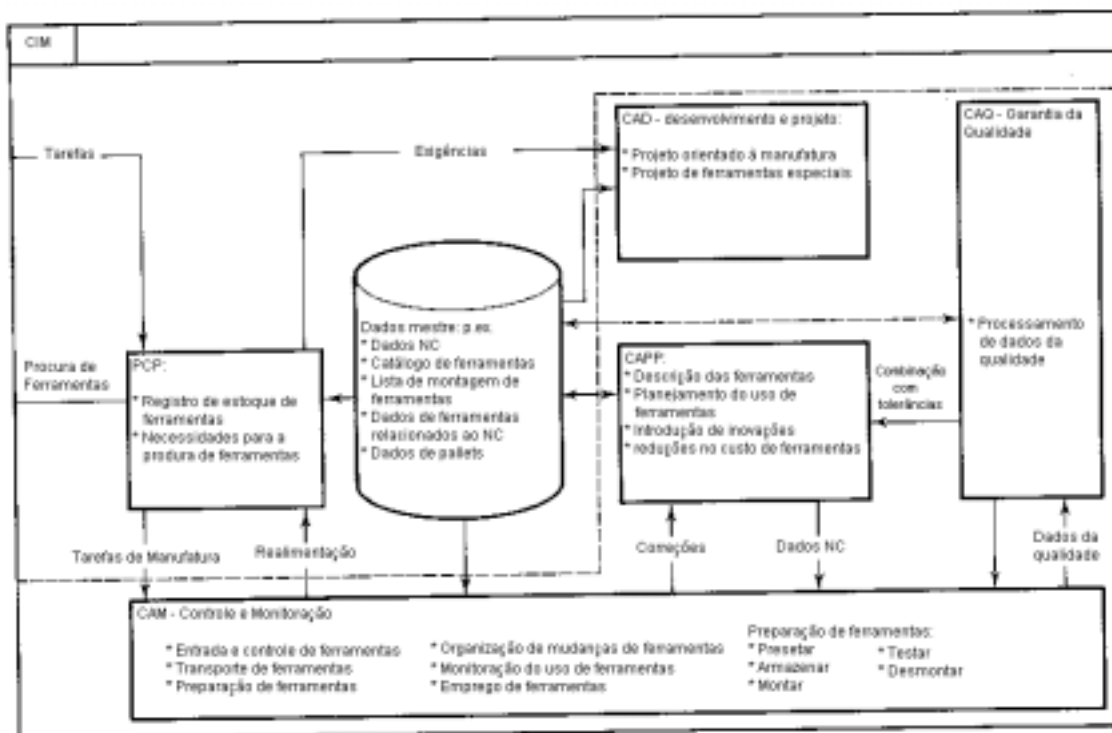


Figura 7.19. A tarefa do gerenciamento de ferramentas dentro do conceito de CIM

Um fator importante para uma organização eficiente das ferramentas é a habilidade de extrair rapidamente dados armazenados. Normalmente códigos simples de identificação não são suficientes, devido às condições que limitam da tarefa de usinagem. Além disso, áreas operacionais individuais tais como o planejamento de tarefas requerem critérios de classificação ou busca para encontrar as ferramentas. Dados de ferramentas não são classificados de acordo com características e condições temporais tais como o período de validade. Ferramentas são distinguidas pelas seguintes características: *geométricas*; *tecnológicas*; *organizacionais*; *estatísticas*.

Características geométricas e tecnológicas podem determinar a classificação de uma ferramenta. A classificação temporal corresponde às seguintes categorias: constante (dados mestre); constante durante um período (dados temporários); variável (dados de estado).

A maioria dos conjuntos de dados de ferramentas consistem de dados mestre. Uma classificação desde ferramentas completas (CT) até componentes individuais de ferramentas (ITC) parece vantajoso (figura 7.20). As figuras 7.21 e 7.22 mostram dados mestre típicos para tornos. Dados organizacionais, geométricos e tecnológicos também são mostrados na figura. A programação NC com simulação e análise de colisão em conjunto com a preparação de ferramentas pode ser suportado pela preparação de dados orientados à tarefa.

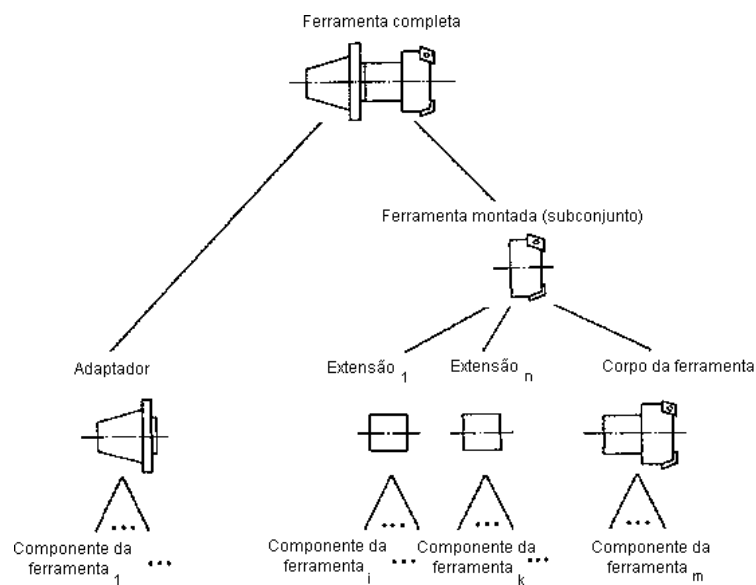


Figura 7.20. Componentes e subconjuntos de ferramentas

Do ponto-de-vista do usuário, a organização das ferramentas deve basear-se numa base de dados com dados pormenorizados e corretos. A figura 7.23 mostra as cinco áreas funcionais descritas na figura 7.18. Cada uma destas áreas funcionais requer uma combinação diferente de itens de dados que são armazenados no banco de dados central.

<i>Nome do Campo</i>	<i>Formato</i>	<i>Descrição</i>
Dados de Identificação		
TTN	N,8	Número do tipo de ferramenta (chave primária para os dados mestre)
TTI	N,3	Identificação do tipo de ferramenta
DPTN	A,20	Número do tipo de ferramenta
CUTEDG	A,20	Número do suporte
Dados Organizacionais		
TTYID	A,20	Identificação da ferramenta em formato texto
MAGTY	N,2	Identificação de diferentes tipos de magazines para ferramentas pequenas/grandes, cabeçotes de mandrilar, etc...
WEIGH	I	Identificação do peso para os dispositivos de manuseio (em N)
Dados Tecnológicos		
CMO	A,6	Código do material da ferramenta
*CHIP	R	Espessura de cavaco máxima possível
*MINC	R	Profundidade de corte máxima
*MINSPANR	R	Espessura de cavaco mínima
...		

Figura 7.21. Dados mestre contendo informações sobre ferramentas - Parte 1

<i>Nome do Campo</i>	<i>Formato</i>	<i>Descrição</i>
Dados Geométricos		
TAD	R	Ajuste da dimensão L entre a quina da ferramenta e o ponto de referência de ajuste
PTAD	R	Tolerância positiva
NTAD	R	Tolerância negativa
QADJ	R	Dimensão de ajuste Q
QPTOL	R	Tolerância positiva
...		
Desses dados, são necessárias combinações referentes às tarefas. Seguem dois exemplos abaixo:		
Plano de fornecimento de ferramentas		
TTN	N,8	Número do tipo de ferramenta
JNO	A,20	Número da tarefa
MCNO	I	Número da máquina/célula
DOU	D	Data de uso
Dados específicos do programa NC		
NCPNO	A,12	Número do programa NC
TNO	N,8	Número do tipo de ferramenta
AJOB	A,32	Número da tarefa de montagem
OPLIF	I	Vida necessária de operação, padronizada em minutos/10
BRM	R	Multiplicador referente ao risco de quebra no caso de usos especiais
...		

Figura 7.22. Dados mestre contendo informações sobre ferramentas - Parte 2

Sistemas de bancos de dados fornecem os pré-requisitos necessários para um banco de dados uniforme de ferramentas. Como a figura 7.24 mostra, estas consistem dos componentes do banco de dados e de gerenciamento do banco de dados. O banco de dados representa o total de todos os dados armazenados no sistemas de banco de dados. Quanto maior o número de usuários diferentes acessando o banco de dados, a utilidade do banco de dados aumenta.

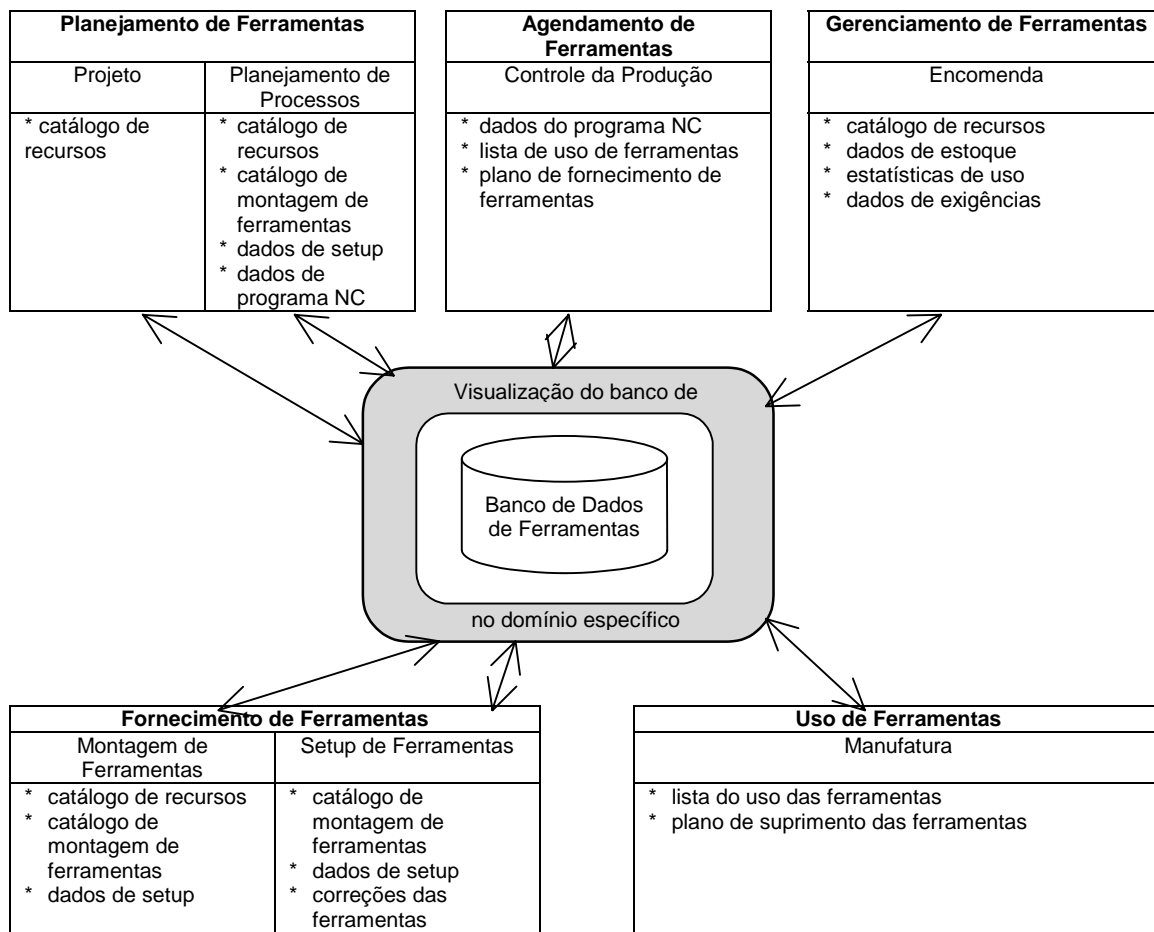


Figura 7.23. Um banco de dados de ferramentas

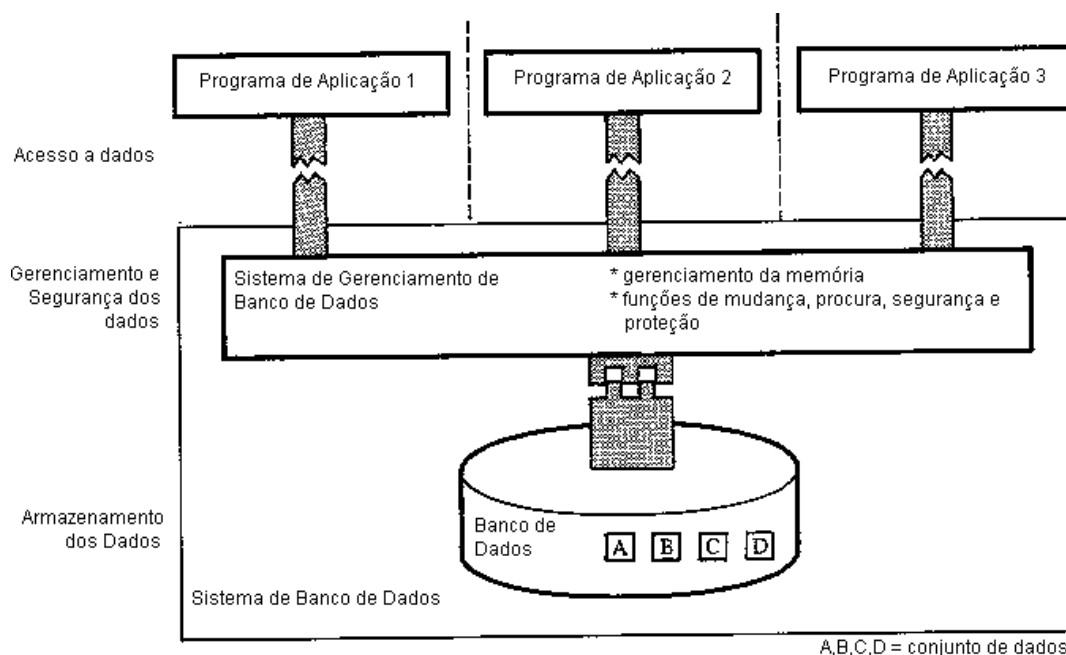


Figura 7.24. Um banco de dados integrado

A manutenção de um sistema de organização de ferramentas é projetada para representar todos os dados das ferramentas num banco de dados central, para ser gerenciado por um gerenciador do banco de dados. Serão considerados aqui os principais aspectos de um sistema de banco de dados em conjunto com meios possíveis de adaptar a manutenção do banco de dados às exigências do ambiente operacional real.

Antes que um grande banco de dados de ferramentas for planejado e projetado, uma análise e uma estruturação pormenorizada dos dados deve ser feita. Os passos mais importantes são:

- análise dos dados existentes sobre as ferramentas;
- análise e descrição dos objetos relevantes e seus atributos;
- análise e descrição das relações relevantes entre os objetos.

Um objeto é uma entidade real que pode ser descrita por atributos e que possui uma significação específica. Um exemplo será dado a seguir para ajudar o leitor a compreender isto (figura 7.25).

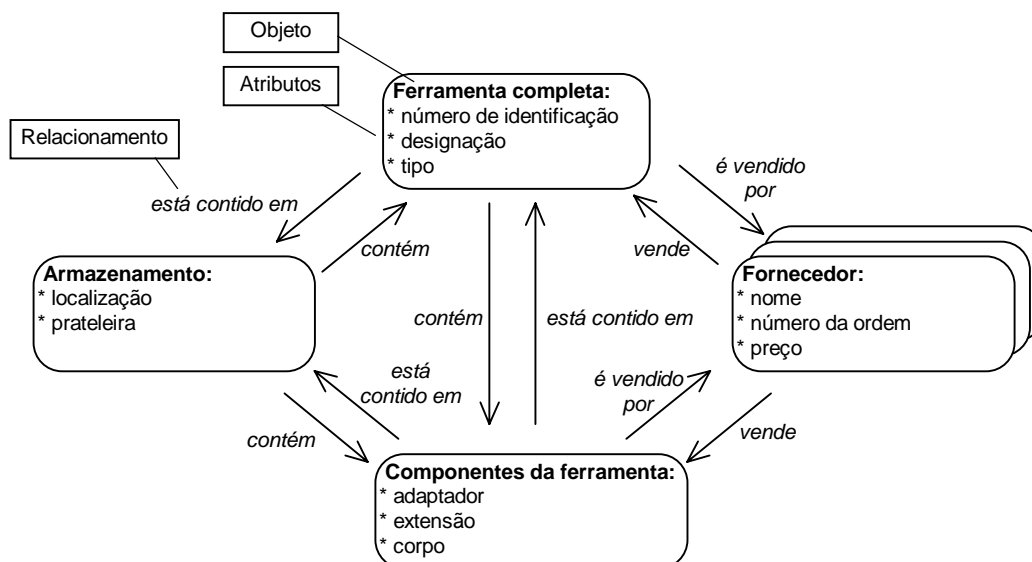


Figura 7.25. Um modelo de dados de ferramentas

Ferramentas completas (ver figura 7.20) são caracterizadas de maneira única por um número de identificação. Elas possuem uma designação e pertencem a um tipo específico de ferramenta. As ferramentas completas são construídas de componentes de ferramentas que são também identificados unicamente por um número. Ferramentas completas e componentes de ferramentas são armazenados em vários lugares e fornecidos por vários fornecedores. Locais de armazenamento e fornecedores são identificados por um nome. Uma ferramenta completa ou um componente de ferramenta é armazenado numa posição única, porém podem ser fornecidas por vários fornecedores. No que se refere à encomenda, o número da encomenda e o seu preço são importantes.

Deve ser possível mapear a descrição das ferramentas para o modelo de dados de um sistema de banco de dados. Em anos recentes, o modelo de dados relacional ganhou em importância, e portanto

tornou-se possível configurar sistemas de bancos de dados com flexibilidade suficiente de uma maneira independente da aplicação. Como a figura 7.26 mostra, relações podem ser representadas graficamente sob a forma de tabelas. Cada banco de dados possui um nome e contém um número finito de atributos. A chave primária de uma relação é o atributo ou conjunto de atributos que caracteriza unicamente um registro da dados. O modelo de dados para o exemplo é ilustrado na figura 7.27. A lista de peças é importante para a preparação e presetagem de ferramentas.

Ferramenta Completa		
Número de Identificação	Designação	Tipo completo de ferramenta
1100.2870	Broca de centro	BC
1100.2871	Broca helicoidal	BH
1100.2872	Fresa de face	FF
⋮	⋮	⋮

Figura 7.26. Tabelas de banco de dados para uma ferramenta completa

Dados comuns devem ser protegidos e seguros. A proteção dos dados inclui todas as medidas que evitam acesso não-autorizado. Segurança dos dados refere-se a evitar-se erros associados com o acesso autorizado.

A figura 7.28 mostra as funções que são atribuídas aos blocos de agendamento de ferramentas nos níveis de controle supervisão e da célula. Ela mostra a estrutura voltada ao software (figura 7.14).

Ferramenta completa		
Nº de identificação	Designação	Tipo Completo de Ferramenta
1100.2870	Broca de centro	BC
1100.2871	Broca helicoidal	BH
1100.2872	Fresa de face	FF

Armazenamento		
Nº de identificação	Localização	Nº da prateleira
1100.2870	Armazenamento A	12
1100.2871	Armazenamento B	17
1100.2872	Armazenamento C	8

Fornecedor			
Nº de identificação	Nome	Nº da Ordem	Preço (R\$)
1100.2870	L1	A12.736	246,36
1100.2870	L2	1348	241,36
1100.2871	L1	A13.924	299,99
1100.2872	L1	A12.878	235,35
1100.2872	L2	1435	230,35
1100.2871	L3	K132.465	220,00
1100.2870	L3	K234.465	231,81

Lista de Peças			
Nº de identificação	Adaptador	Extensão	Corpo
1100.2870	SK.1100	SH.1020	CD.1005
1100.2870	SK.1200	SH.2050	SD.5010
1100.2871	SK.1100	MK.1000	STC.2020

Figura 7.27. Modelo de banco de dados para o exemplo

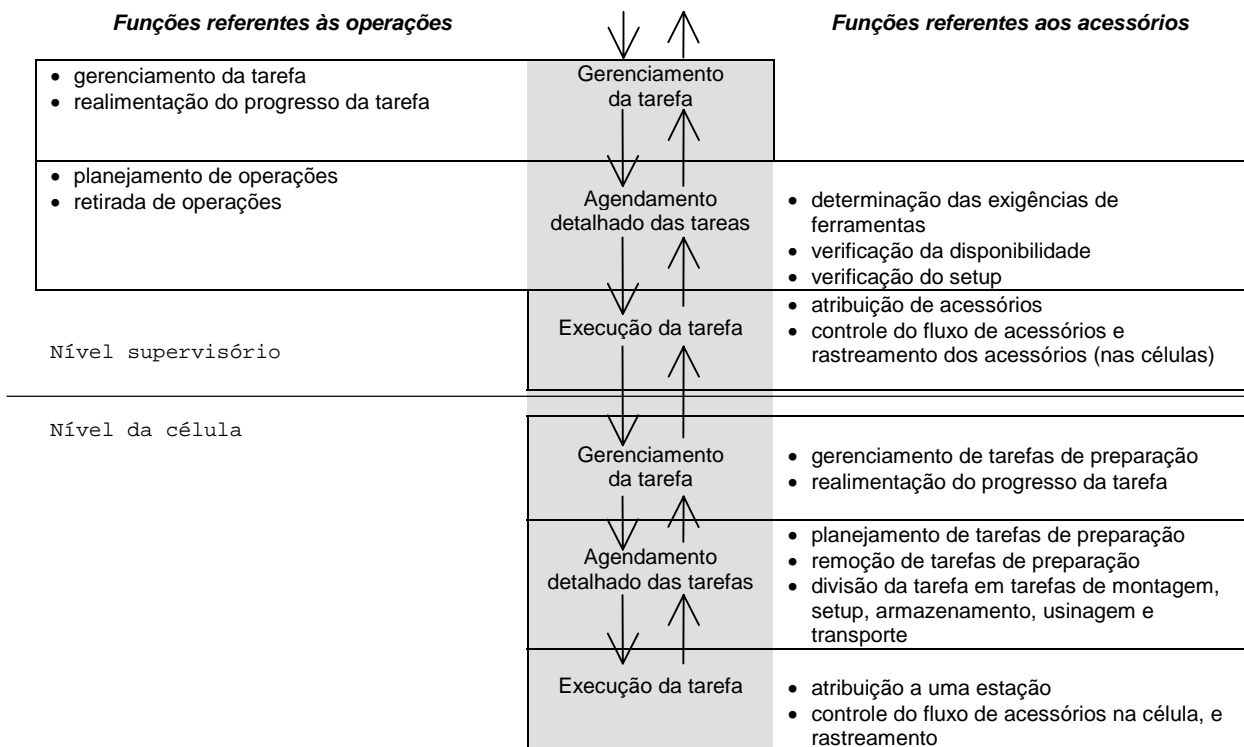


Figura 7.28. Distribuição hierárquica de tarefa para o fornecimento de acessórios

Algumas palavras breves de conselho com relação às considerações econômicas são apropriadas. Primeiro, discutiu-se acima sobre a responsabilidade do projetista nos custos gerados pelo seu projeto. Um sistema de gerenciamento de ferramentas assistido por computador pode reduzir os custos referentes ao gerenciamento das ferramentas, e portanto os custos de manufatura (notar que na figura 7.19 associou-se o CAD com o banco de dados de ferramentas). A figura 7.29 ilustra os efeitos resultantes de falhas na preparação de acessórios e da perda de documentos referentes às tarefas. Ferramentas, dispositivos de fixação, programas NC e dados de setup determinam quase que exclusivamente o número e a duração das falhas que pode afetar a seqüência de manufatura. Isto baseia-se num período de monitoramento de 24 dias de trabalho com dois turnos cada.

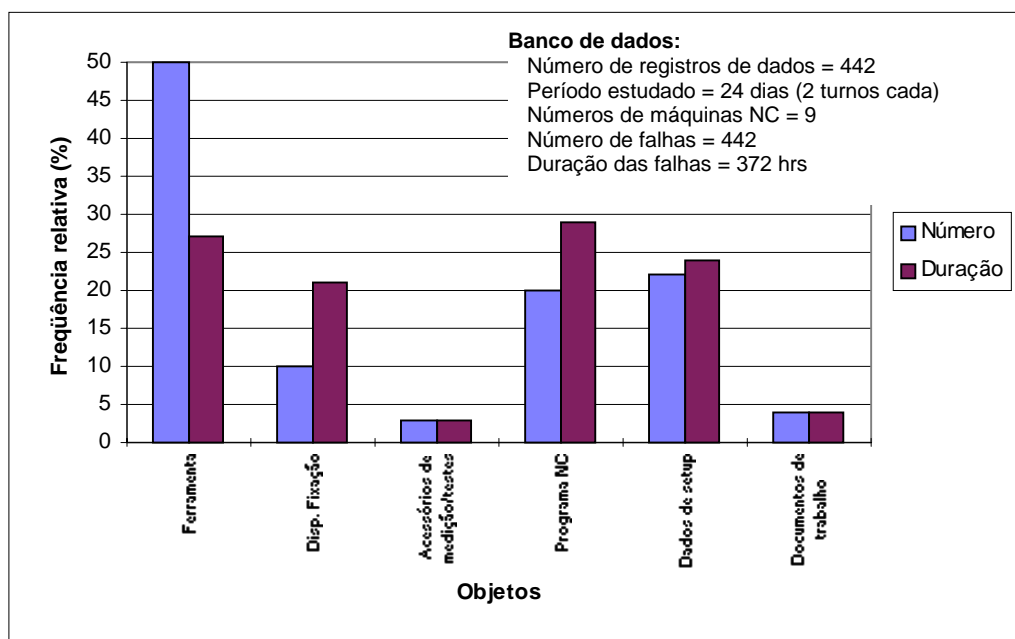


Figura 7.29. Número e visualização de falhas no fornecimento de acessórios

Existe um grande potencial para economias que deve ser explorado. Dentre esses incluem a sincronização do fluxo de acessórios com o fluxo de peças em vários equipamentos, em conjunto com a preparação acurada de dados para as áreas de planejamento e controle. A figura 7.30 mostra o que acontece com a ferramenta em cada caso. Assume-se que o sistema de manufatura consiste de várias máquinas e de um armazenamento central de ferramentas (CTS) e também de armazenamentos de ferramentas próximo às máquinas (MTS).

PROGRAMAÇÃO DE EQUIPAMENTOS NC

Máquinas NC

A programação NC é uma tarefa de planejamento muito importante (ver figura 7.2), a qual fornece dados para o sistema de controle. Os dados de controle são considerados como acessórios de

manufatura, e o sistema de controle tem a incumbência de preparar os dados a tempo para a máquina específica usando DNC.

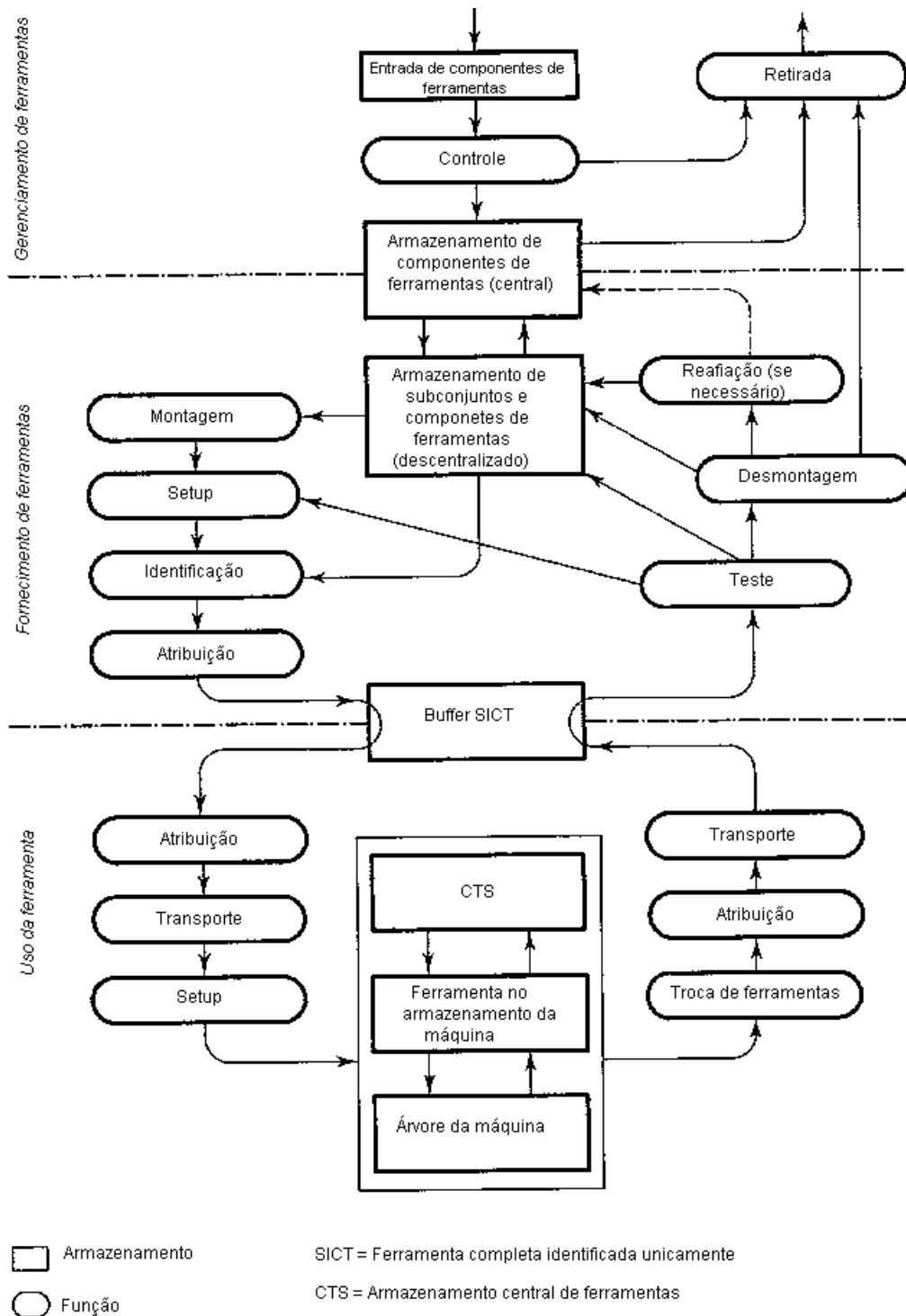


Figura 7.30. Fluxo de ferramentas

A programação de equipamentos NC significa a especificação dos dados requeridos para a usinagem (manuseio, medição) de uma peça numa dada seqüência e sua transferência para o carregador de dados para ser lido automaticamente pelo sistema de controle. Com relação a isso, de acordo com a definição comum, um programa é uma seqüência de instruções, por exemplo, para a usinagem de uma peça. Uma fita perfurada, um meio magnético de um computador num sistema DNC e a memória do programa de um dispositivos de controle numérico podem ser carregadores de dados. DNC significa a distribuição de dados de controle através de um computador de tempo real para vários equipamentos controlados numericamente.

Como resultado do desenvolvimento na tecnologia de computadores, e em sistemas de controle numérico com os dispositivos periféricos associados, o número de dispositivos e procedimentos aumentou progressivamente. Para a programação os seguintes critérios devem ser considerados:

- programação com/sem suporte do computador;
- esquemas organizacionais;
- atribuições de hardware;
- área de aplicação na manufatura ou produção (p.ex. torneamento, fresamento, manuseio, inspeção, etc.)

O primeiro critério refere-se à programação manual e à assistida (ver figura 7.31).

Na programação manual, o programador gera todas as instruções na forma que é diretamente legível pelo dispositivo de controle numérico. Normalmente, a seqüência de passos é especificada em registros, a estrutura dos quais corresponde às normas ISO 6983 ou DIN 66025. A figura 7.32 mostra uma parte de um programa para uma tarefa de torneamento. Pontos de início para a programação manual incluem não somente os desenhos da peça mas também arquivos de cartões que contêm dados sobre a máquina e o sistema de controle e sobre a peça e a ferramenta. Os caracteres na figura 7.32 possuem um significado padronizado, bem como a código associado (figura 7.33). A figura 7.34 mostra uma parte de um programa.

A programação assistida (figura 7.31) é feita independente do equipamento de manufatura, e resolve a tarefa, que é definida num programa peça (figura 7.34). Em sistemas de programação é possível processar programas peça escritos numa linguagem, e ter acesso a arquivos de computador contendo informações detalhadas sobre a aplicação (figura 7.35). A figura 7.36 contém definições geométricas possíveis numa linguagem, enquanto a figura 7.37 mostra um programa peça completo para uma peça. O programa peça é estruturado; ele contém um cabeçalho, definições geométricas e tecnológicas, instruções de execução e um símbolo terminal.

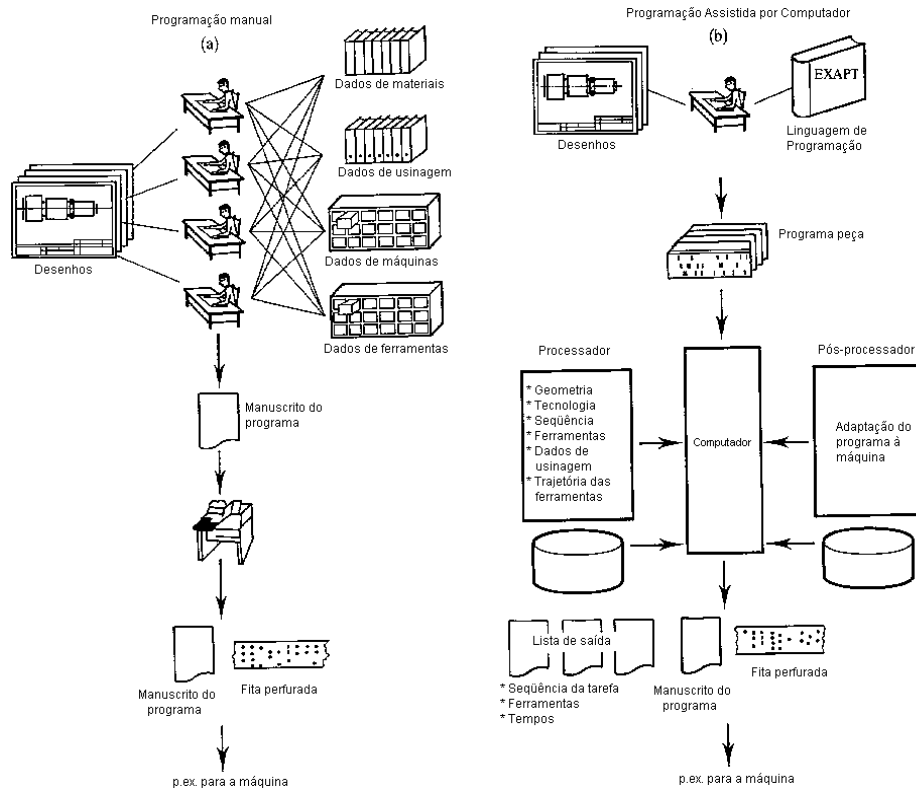
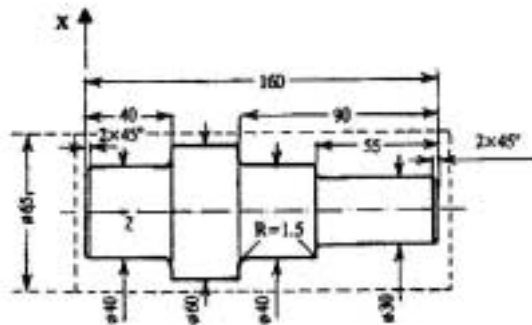


Figura 7.31. Programação manual e programação assistida



Número do registro	Funções da Trajetória	Comandos da Trajetória		Distância do centro do círculo		Comando de avanço	Comando de velocidade	Comando de ferramenta	Funções miscelâneas
N	G	X	Z	I	K	F	S	T	M
...									...
(Acabamento)									
N410	G00	X13	Z161				S200		M03
N420	G01		Z160			F12			
N430		X15	Z158			F18			
N440			Z106.5						
N450	G02	X16.5	Z105	I1.5					
...									...

- G00 Funções de trajetória (= avanço rápido)
- G01 Funções de trajetória (= trajetória linear)
- G02 Funções de trajetória (= interpolação circular)
- X30 Comando de trajetória (= movimento na direção X)
- F12 Comando de avanço (= avanço de 0,1 mm/hr)
- S200 Comando de velocidade (= velocidade de rotação n = 2000 rpm)
- M03 Função miscelânea (= movimento da árvore no sentido horário)

Figura 7.32. Uma folha típica de codificação NC

Tabela de Códigos		ISO DIN 66024								ELA 244										
	No. do bit (teste de paridade)	P	7	6	5	4	3	2	1		8	7	6	P	4	3	2	1		
	No. da trilha	8	7	6	5	4	T	3	2	1		8	7	6	5	4	T	3	2	1
Significado	Caractere	Combinação de furos								Caractere	Combinação de furos									
No hole	(NULL)																			
Backspace	BS	•																		
Tabulator	HT																			
Line feed (End of record)	LF																			
Carriage return	CR	•																		
Space	SP	•																		
Control out [remarks]	(
Control in [remarks])	•																		
Program start	%	•																		
Reference block	:																			
Block skip	/	•																		
Plus	+																			
Minus	-																			
Number 0	0																			
Number 1	1	•																		
Number 2	2	•																		
Number 3	3																			
Number 4	4	•																		
Number 5	5																			
Number 6	6																			
Number 7	7	•																		
Number 8	8	•																		
Number 9	9																			
Angular coordinate about X axis	A																			
Angular coordinate about Y axis	B																			
Angular coordinate about Z axis	C	•																		
Angular coordinate about arbitrary axis	D																			
Double feed function	E	•																		
Feed function	F	•																		
Preparatory function	G																			
Auxiliary function	H																			
Interpolation parameter parallel to X axis	I	•																		
Interpolation parameter parallel to Y axis	J	•																		
Interpolation parameter parallel to Z axis	K																			
Paper tape subprograms	L	•																		
Miscellaneous function	M																			
Record number	N	•																		
Not used	O	•																		
Third X motion coordinate or advance	P																			
Third Y motion coordinate or advance	Q	•																		
Third Z motion coordinate or advance	R	•																		
Spindle speed function	S																			
Tool number	T	•																		
Second X motion coordinate	U																			
Second Y motion coordinate	V	•																		
Second Z motion coordinate	W	•																		
Primary X motion coordinate	X	•																		
Primary Y motion coordinate	Y																			
Primary Z motion coordinate	Z	•																		
Delete	DEL	•																		
No hole																				
RT																				
TAB																				
<≡																				
LC																				
Space																				
UC																				
End																				
+																				
.																				
/																				
+																				
-																				
0																				
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
a																				
b																				
c																				
d																				
e																				
f																				
g																				
h																				
i																				
j																				
k																				
l																				
m																				
n																				
o																				
p																				
q																				
r																				
s																				
t																				
u																				
v																				
w																				
x																				
y																				
z																				
DEL																				

Z,WR = space character

Figura 7.33. Código padronizado para uma fita perfurada

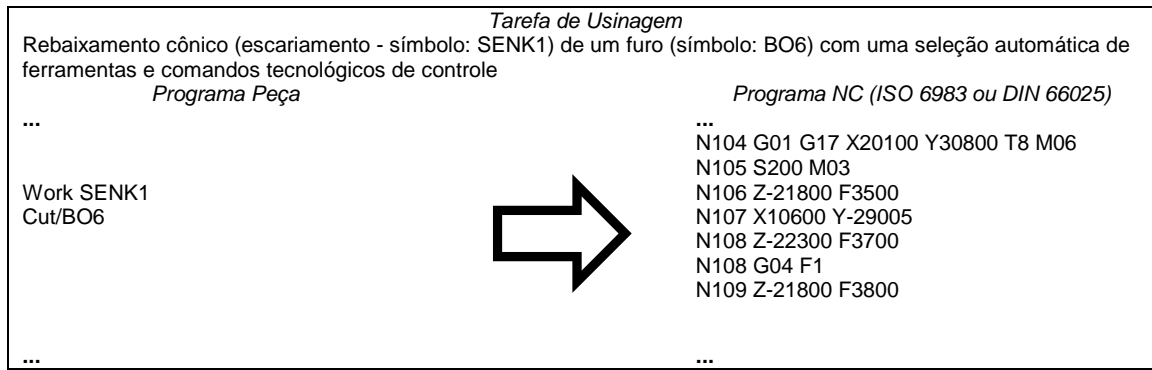


Figura 7.34. Exemplo de um programa peça e um programa NC para uma tarefa de usinagem

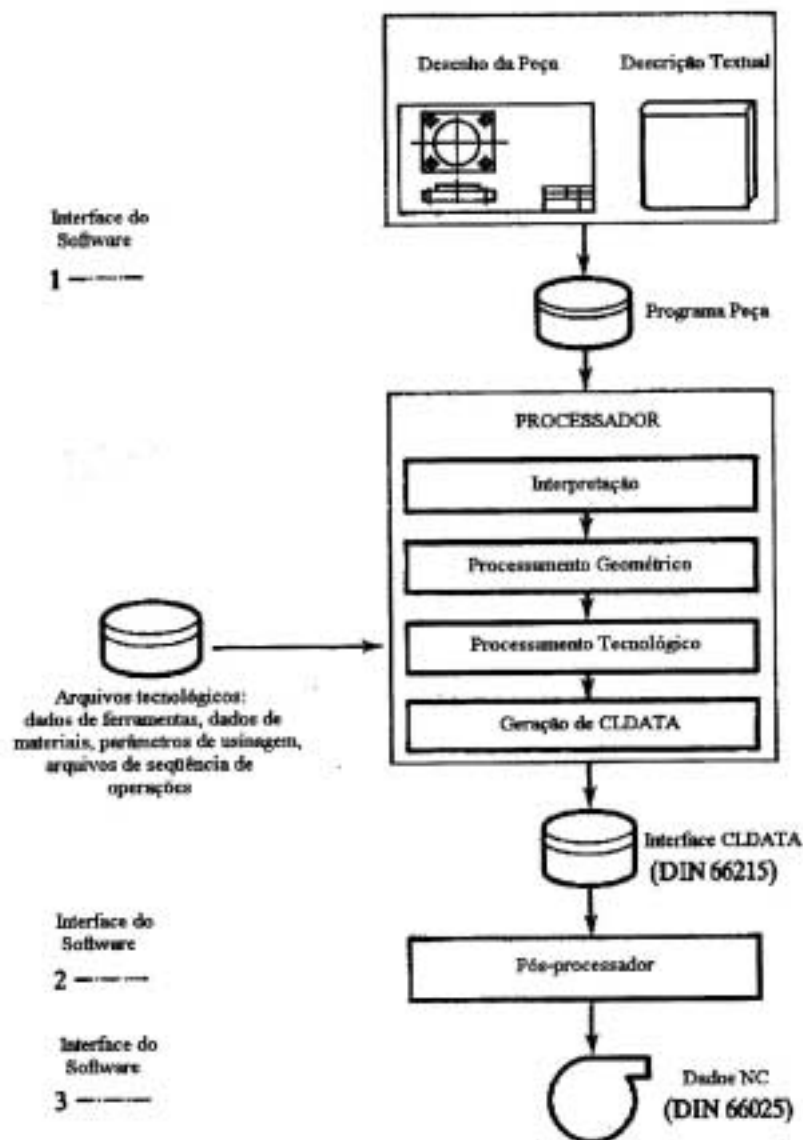


Figura 7.35. Processamento de um programa peça

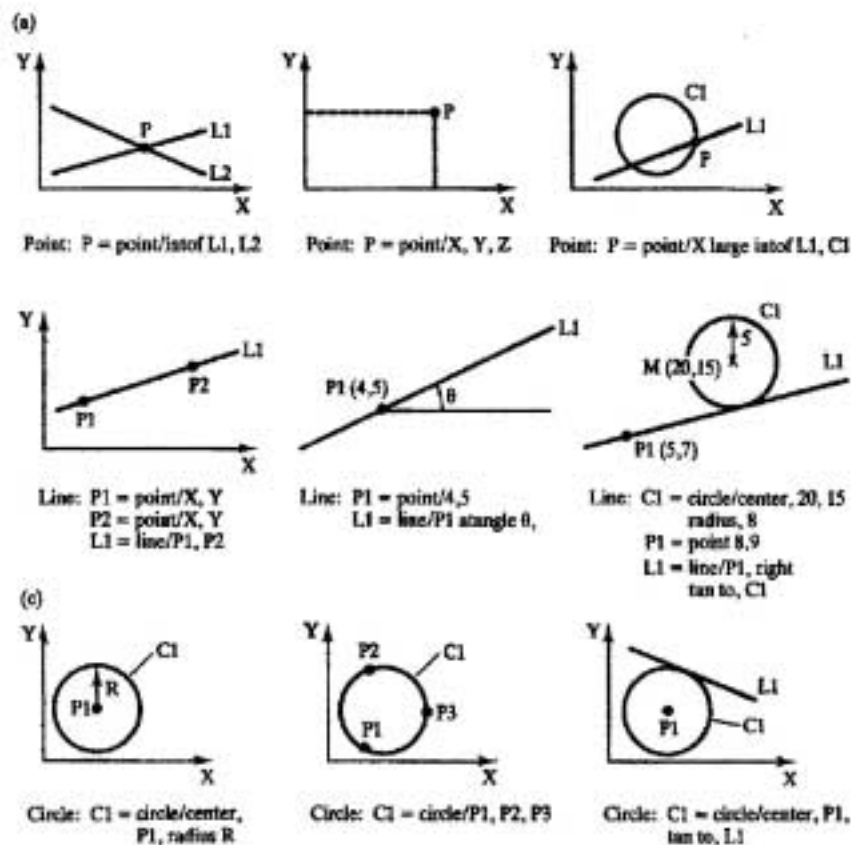


Figura 7.36. Descrições possíveis de pontos, linhas e círculos em APT

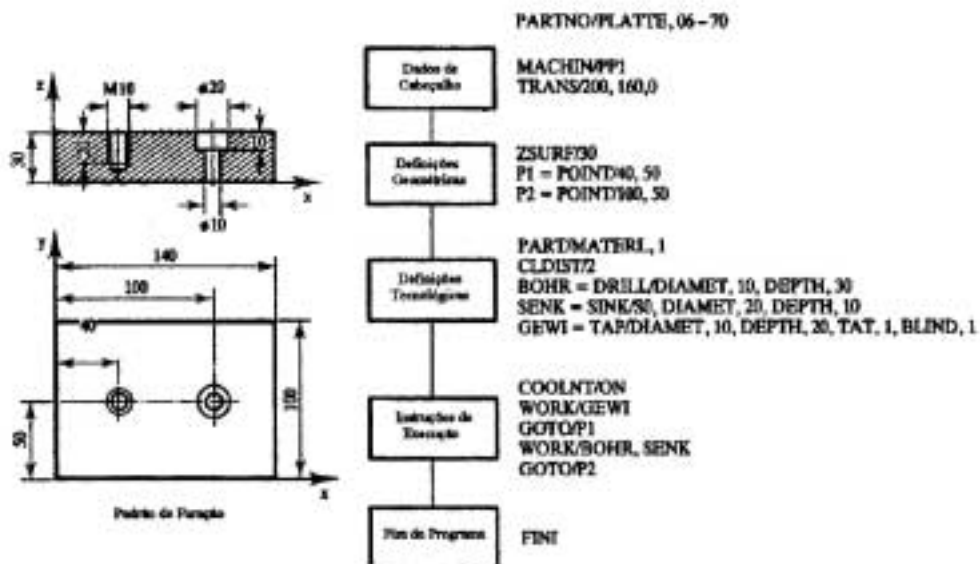


Figura 7.37. Exemplo de um programa EXAPT

Um objetivo importante de sistemas de programação é a geração a baixo custo de dados NC sem erros, fornecendo o usuário um meio confiável para escrever programas para usinagem.

Do ponto-de-vista organizacional, deve-se notar que, poucos anos atrás, tanto a programação quanto a assistida era efetuada de forma centralizada como parte do planejamento da tarefa e do planejamento da manufatura. Com a introdução e desenvolvimento de sistemas CNC, com memórias para o armazenamento de programas, e também com uma maior velocidade de processamento (16-bis, 32-bits), tornou-se possível a programação descentralizada. Essa programação pode tomar a forma de programação do chão de fábrica (que pode ou não estar interligada à máquina). Uma distinção nítida nem sempre é possível; isto depende da capacidade do hardware sendo utilizado (figura 7.38).

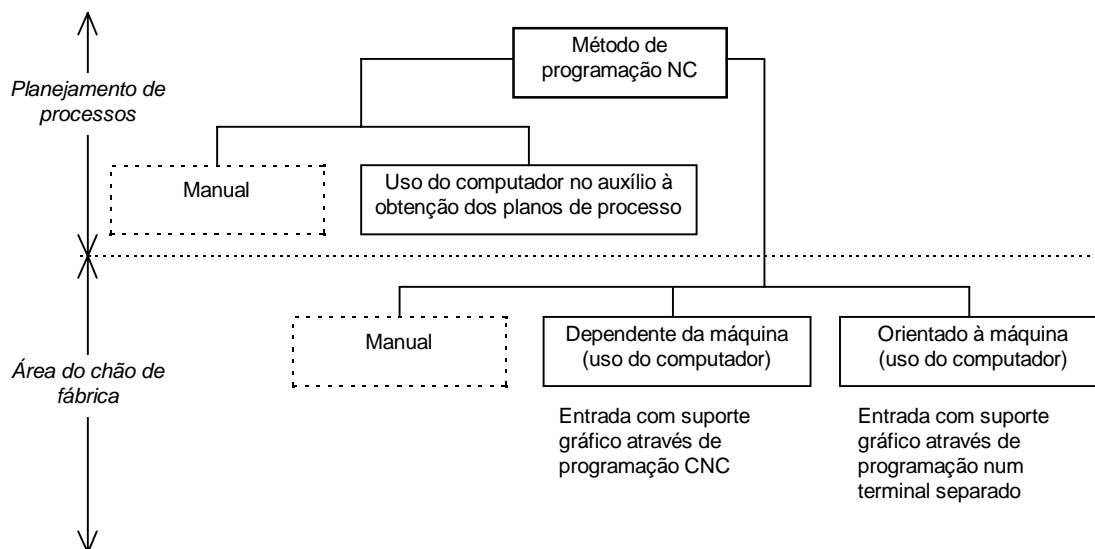


Figura 7.38. Classificação de métodos de programação

Além da execução de funções básicas, os computadores velozes e baratos de sistemas CNC permitem a inclusão de novas funções. Portanto, mudanças e correções em programas no sistema de controle são facilmente implementadas baseado no programa NC e na memória de correção, e uma vez introduzindo-se os dados de controle, sem a necessidade de programação central ou orientada à máquina.

Células

A longo prazo, programação uniforme de diferentes dispositivos de controle é desejável. Células de montagem ou usinagem equipadas com robôs (ver por exemplo a figura 7.5) contêm vários dispositivos de controle tais como CNC, RC ou PLC. O conceito de programação uniforme envolve três modos complementares de gerar programas (ver figura 7.39):

- programação em linguagem específica para todos os tipos de controle usados na célula robótica, por exemplo, baseado num sistema de programação de movimento seqüência (MSPS);
- programação implícita orientada ao produto;
- programação assistida por sensores.

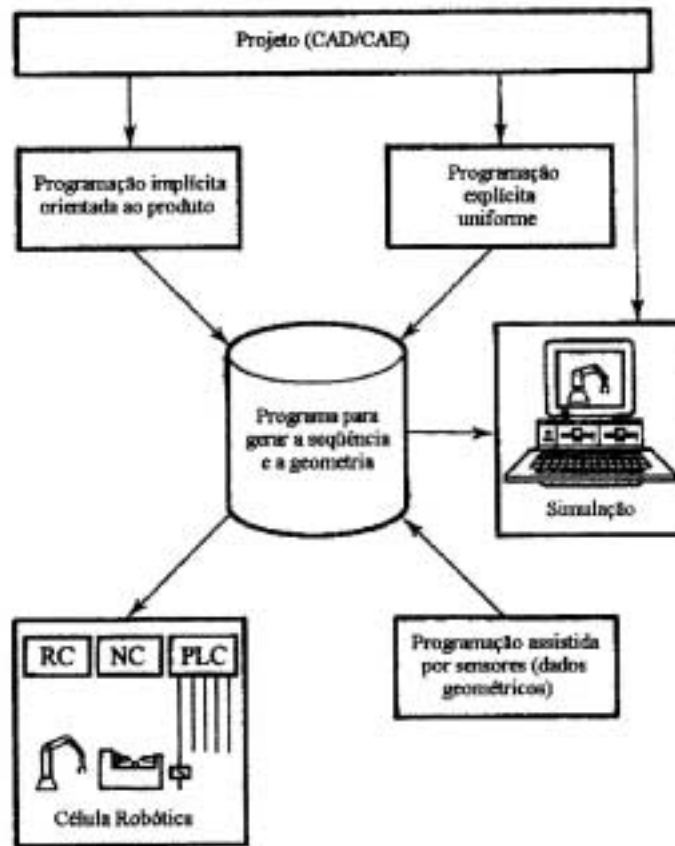


Figura 7.39. Conceito global de programação de células robóticas

Deve ser possível combinar estes métodos de programação. A questão da interface é muito importante na programação uniforme de equipamentos (ver figura 7.40). Um meio é o uso de formatos de entrada padronizados, e outro é o uso de uma linguagem intermediária. O formato de entrada padronizado (na figura à esquerda) fornece uma solução que permite a incorporação de muitos dos dispositivos de controle disponíveis no mercado. A segunda solução produz um código uniforme gerado pelas várias linguagens de programação.

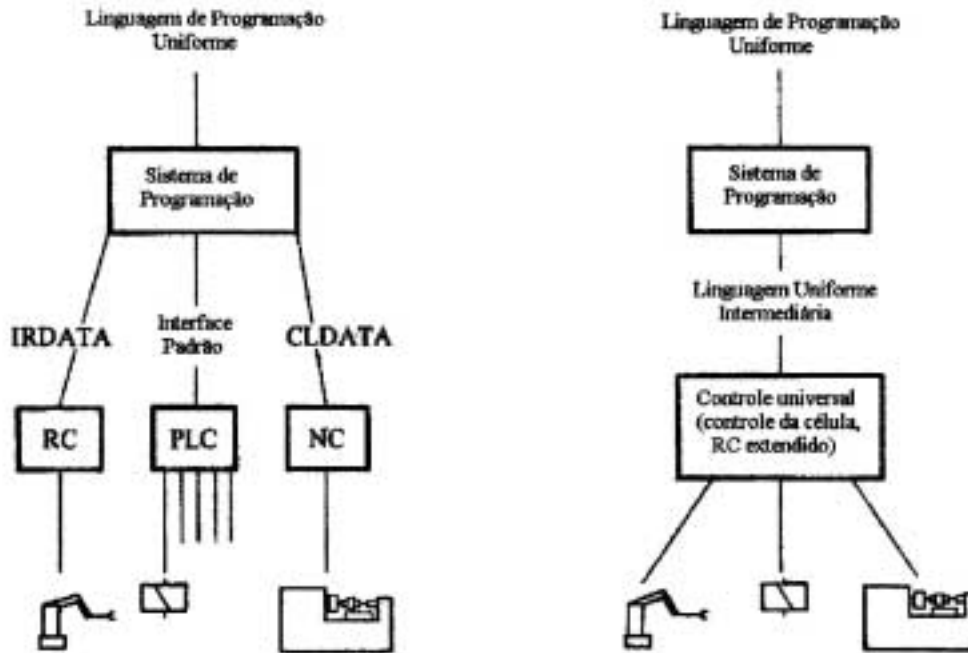


Figura 7.40. Estrutura possível de linguagens de programação

A programação implícita orientada ao produto envolve a definição de um estado alvo. Os programas determinam como esse alvo é atingido. O método envolve a mudança de dados iniciais, descrevendo o estado alvo, em dados de saída (programas de controle). Isto inclui o conceito “implícito”. O conceito orientado ao produto implica uma especialização das classes específicas do problema (por exemplo, a fabricação de placas de circuito impresso, a montagem de cabos), também conhecidos como produtos.

Portanto, para uma tarefa de montagem, na programação implícita, dados sobre os seguintes componentes são necessários:

- equipamentos de montagem: robôs, equipamentos de carregamento, ferramentas;
- tarefas de montagem: produtos, peças individuais, relacionamentos entre estes componentes e às condições tecnológicas limitantes.

Na programação implícita a geração automática de dados de controle baseia-se nestas especificações e classificações associadas pelo sistema de programação. O programador é liberado de muitas tarefas rotineiras.