



UMA METODOLOGIA PARA INTEGRAÇÃO CAD/CAPP/CAM VOLTADA PARA MANUFATURA REMOTA DE PEÇAS ROTACIONAIS BASEADA NA INTERNET

<http://WebMachining.AlvaresTech.com>

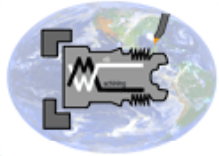
Alberto J. Álvares

GRIMA - Grupo de Integração da Manufatura - UFSC

GRACO - Grupo de Automação e Controle - UnB

alvares@AlvaresTech.com

19/10/2005



e-manufacturing



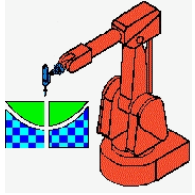
SUMÁRIO

- 1. Introdução**
- 2. Revisão de Literatura**
- 3. Metodologia WebMachining**
- 4. Interface CAD-CAPP**
- 5. Abordagem Lógica Para CAPP**
- 6. WebCADbyFeatures: Projeto Colaborativo**
- 7. WebCAPP Não Linear**
- 8. WebTurning: Teleoperação Torno**
- 9. Estudos de Casos**
- 10. Conclusões**



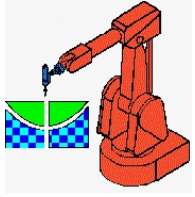
OBJETO DA TESE

- Metodologia para integração CAD/CAPP/CAM voltada para manufatura remota de peças rotacionais simétricas e assimétricas:
 - Utilizando a Internet: protocolos associados à Web
 - Novos métodos e algoritmos para CAD-CAPP-CAM
 - Usuário remoto (telemanufatura):
 - modelagem de uma peça rotacional baseada em features;
 - geração do planejamento do processo com alternativas;
 - fabricação da peça em centro de torneamento.



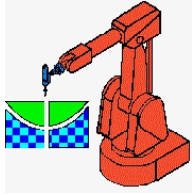
Formulação do Problema

- Definir uma metodologia para integração CAD/CAPP/CAM voltada para manufatura remota de peças rotacionais simétricas baseada na Web, bem como a sua implementação, a fim de atender o novo paradigma de desenvolvimento de produto cooperativo, de forma a satisfazer as necessidades primárias para a próxima geração de sistemas integrados CAD/CAPP/CAM que são:
 - a interoperabilidade entre as ferramentas de softwares,
 - colaboração entre projetistas e equipes de projeto de forma distribuída,
 - integração de dados e conhecimento através do ciclo



Formulação do Problema

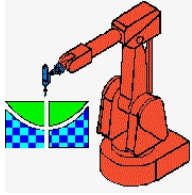
- Para atender estas demandas torna-se necessário o desenvolvimento de metodologias que definam os módulos do sistema e como estes módulos interagem entre si, estabelecendo um novo paradigma de ambiente integrado CAD/CAPP/CAM, levando em conta:
 - o balanceamento da funcionalidade do modelo cliente-servidor,
 - e a largura de banda disponível no sistema de comunicação de dados a ser utilizado –



Metas a Serem Atingidas

Objetivo Geral

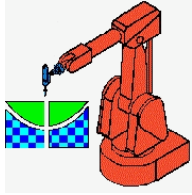
- Desenvolver uma metodologia para integração CAD/CAPP/CAM voltada para manufatura remota de peças rotacionais simétricas utilizando a Internet, em especial os protocolos associados à Web.
- O modelo funcional do sistema: metodologia IDEF0.
- O modelo de informação: metodologia IDEF1X.
- Baseado nestes dois modelos serão definidos os



Metas a Serem Atingidas

Objetivo Específico

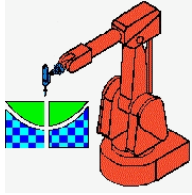
- Implementar o sistema WebMachining disponibilizando-o para a indústria e academia: <http://WebMachining.AlvaresTech.com>.
- A implementação terá como requisitos-chave: modularidade, padronização, simplicidade, compartilhamento de informações e recursos.
- Contexto de processamento computacional distribuído, utilizando o protocolo TCP/IP em uma arquitetura cliente-servidor voltada para a



Contribuições Esperadas

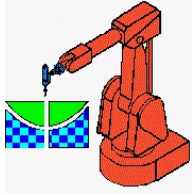
- A metodologia proposta apresenta um novo paradigma para o desenvolvimento dos futuros ambientes integrados CAD/CAPP/CAM: ambientes globais, centrados em rede e espacialmente distribuídos, tendo como *front-end* com o sistema CAD/CAPP/CAM navegadores baseados na Web.
- Em aplicações acadêmicas: Ensino a Distância em um contexto de Laboratórios Remotos.
- Em aplicações industriais:
 - serviço de Prototipagem Rápida para *Try-out* de peças;
 - fornecimento de protótipo funcional em um ambiente de Telemanufatura.

integrado ao sistema de Gestão de Produção da empresa



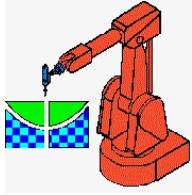
Contribuições Esperadas

- A metodologia de fabricação de peças permite que uma “empresa” (usuário remoto) não necessariamente possua os equipamentos para a projeto, planejamento e fabricação de um lote de peças.
- Contribuições para o desenvolvimento de sistemas de telemanufatura baseados na Web, integrando atividades de projeto, planejamento de processos e de manufatura através da modelagem por *features* e utilizando os protocolos TCP/IP e sistemas distribuídos.
- *O sistema é inédito* no que concerne à abordagem de projeto por síntese de *features* e no processo de fabricação utilizado.
- *Inova também na* incorporação de funcionalidades associada à teleoperação via Web da máquina.



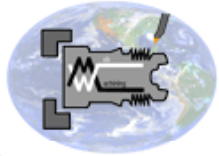
Contribuições Esperadas

- CAD por *features* voltado para Web: *é inovador* na sua concepção, bem como, na aplicação voltada à modelagem de peças rotacionais simétricas.
- CAPP generativo voltado para Web: *é inovador*, principalmente na aplicação escolhida, voltada para planejamento do processo de peças rotacionais simétricas. Serão concebidos novos métodos para *resolução dos problemas associados às atividades de planejamento de processo, como a geração de planos de processos não lineares.*
- integração baseada em base de dados relacional compartilhando toda a informação do sistema aliada à



Contribuições Esperadas

- Identificação e discussão das técnicas disponíveis para telemanufatura via web.
- Análise detalhada de características da Internet para aplicação de telemanufatura:
balanceamento da funcionalidade disponível na arquitetura cliente-servidor em relação à largura de banda (*delay*).
- Implementação do sistema utilizando a tecnologia Java *Applet*:
 - Esta implementação permite a utilização de uma



e-manufacturing



MOTIVAÇÃO DA TESE

- Contribuição para a concepção de um novo paradigma para desenvolvimento de produto colaborativo via Web.
- Novos métodos para integração CAD, CAPP e CAM.
- Está associada à importância e à evolução tecnológica da Internet e da TI e seu impacto na Manufatura.
- Aplicação:
 - na indústria.
 - na academia, em Ensino a Distância (EAD), utilizando o conceito de laboratórios remotos.



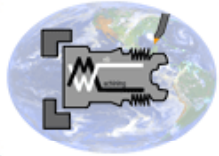
Questão a Responder

Como conceber e implementar um sistema integrado com novos métodos de CAD, CAPP e CAM para manufatura remota de peças baseado na Web, a fim de atender o novo paradigma de desenvolvimento de produto colaborativo ?



Objetivo Geral

1. Colocar à disposição da indústria de manufatura e da academia uma nova metodologia de integração CAD/CAPP/CAM voltada para manufatura remota de peças rotacionais simétricas e assimétricas.
2. Utilização da Internet: protocolos *associados à Web*.
3. Desenvolver novos métodos para CAD, CAPP e CAM.
4. Implementação de um sistema computacional, disponibilizado via Web, que possibilitará aos usuários remotos o desenvolvimento de produto de forma colaborativa, integrada e distribuída (*e-Mfg*).



e-manufacturing



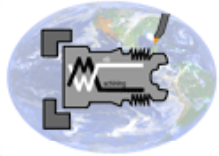
OBJETIVO ESPECÍFICO

- Conceber uma metodologia de integração CAD/CAPP/CAM a partir do paradigma de modelagem colaborativa baseada em síntese por features de projeto:
 - projeto Colaborativo (WebCADbyFeatures),
 - planejamento do processo não-linear (WebCAPP),
 - fabricação (CAM Planejamento e CAM execução - WebTurning).
- Ambiente distribuído de agentes e objetos (comunidade de agentes):
 - Projeto, Planejamento do Processo e Fabricação;
 - Knowledge Query and Manipulation Language (KQML)



Contexto e Condições de Contorno

1. Estudo, metodologia e implementação: projeto colaborativo, planejamento do processo não-linear e fabricação de peças rotacionais simétricas e assimétricas.
2. Fabricação das peças rotacionais: em um centro de torneamento.
3. Os demais processos de fabricação não serão objeto do trabalho.
4. A metodologia proposta poderá ser aplicada ao contexto de peças prismáticas, com as devidas adequações.



e-manufacturing



Enfoque

1. A metodologia: paradigma de modelagem colaborativa baseada em síntese por *features* de projeto (aditivas e subtrativas), permitindo a integração CAD/CAPP/CAM.
2. Modelagem da peça por *features* num contexto de manufatura remota utilizando a Web como meio de comunicação, num modelo computacional cliente-servidor.
3. Ambiente distribuído de agentes de *softwares* interoperáveis denominado de Comunidade de Agentes de Manufatura.
4. Arquitetura estratificada: Projeto, Planejamento do Processo e Manufatura.
5. Fluxo de informações: encapsulamento das informações utilizando *Knowledge Query and Manipulation Language* (KQML).



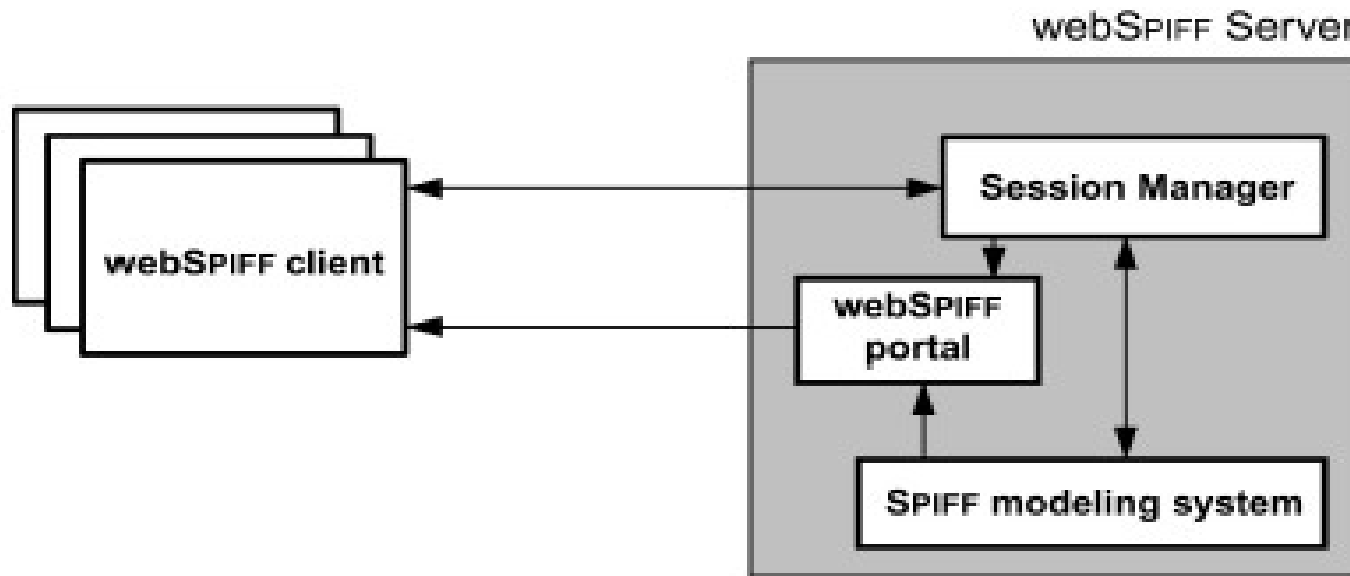
Metodologias e Sistemas CAD/CAPP/CAM Baseados na Web

- A integração entre as etapas do ciclo produtivo é um dos caminhos que devem ser explorados na busca pela redução de custos e tempos de produção.
- A modelagem do produto é o ponto central para a promoção de tal integração.
- Abordagem baseada em *features*.
- Arquiteturas e sistemas CAD/CAPP/CAM colaborativos e correlatos, centrados em rede e/ou distribuídos:
 - Cybercut e o WebSpiff.



WebSpiff (<http://www.webspiff.org>)

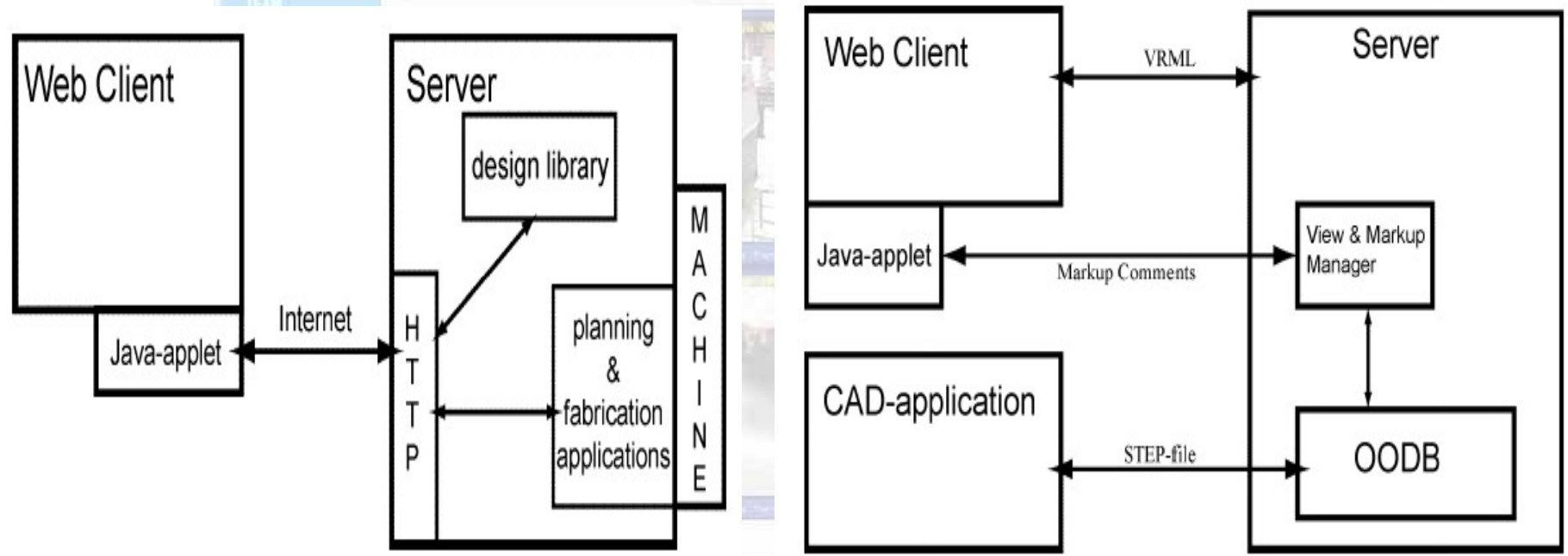
- Sistema de Modelagem SPIFF: fornece toda a funcionalidade para modelagem baseada em feature, utilizando o kernel de modelagem ACIS.
- Gerenciador de Sessão: fornece funcionalidade para iniciar, associar-se, sair e fechar uma sessão de modelagem, bem como, gerência todas as comunicações entre o sistema SPIFF e os clientes.

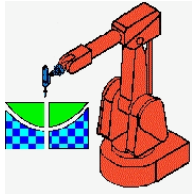




WebCad3D e CyberCut

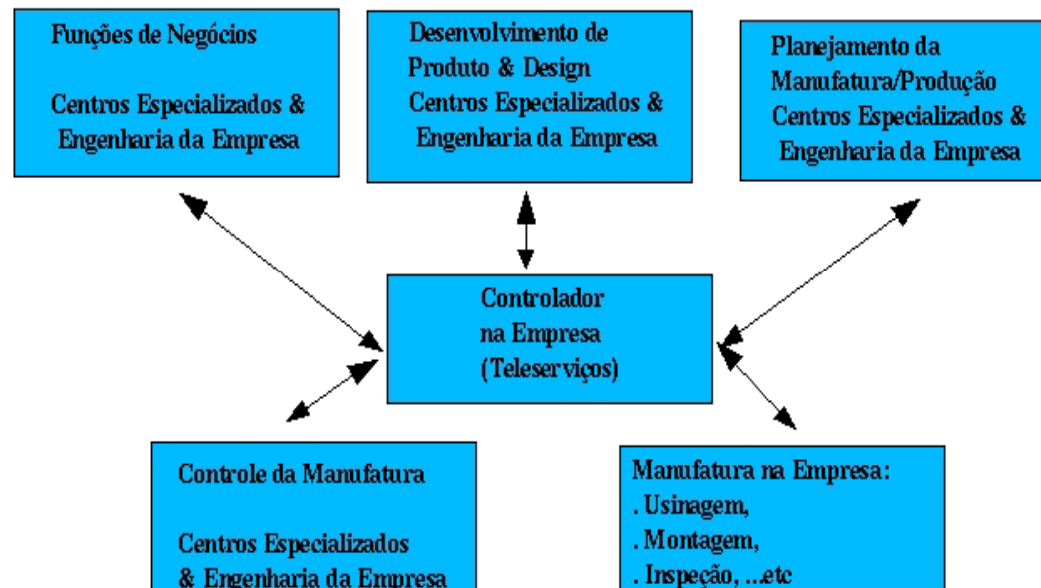
- Software de CAD: Java applets via páginas web, baseado no conceito de Destructive Solid Geometry (DSG).
- Um CAPP que acessa uma base de conhecimento contendo informações sobre ferramentas e fixações.
- Uma fresadora CNC de arquitetura aberta.

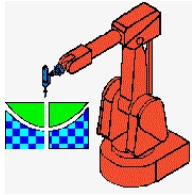




Manufatura Remota - TeleManufatura

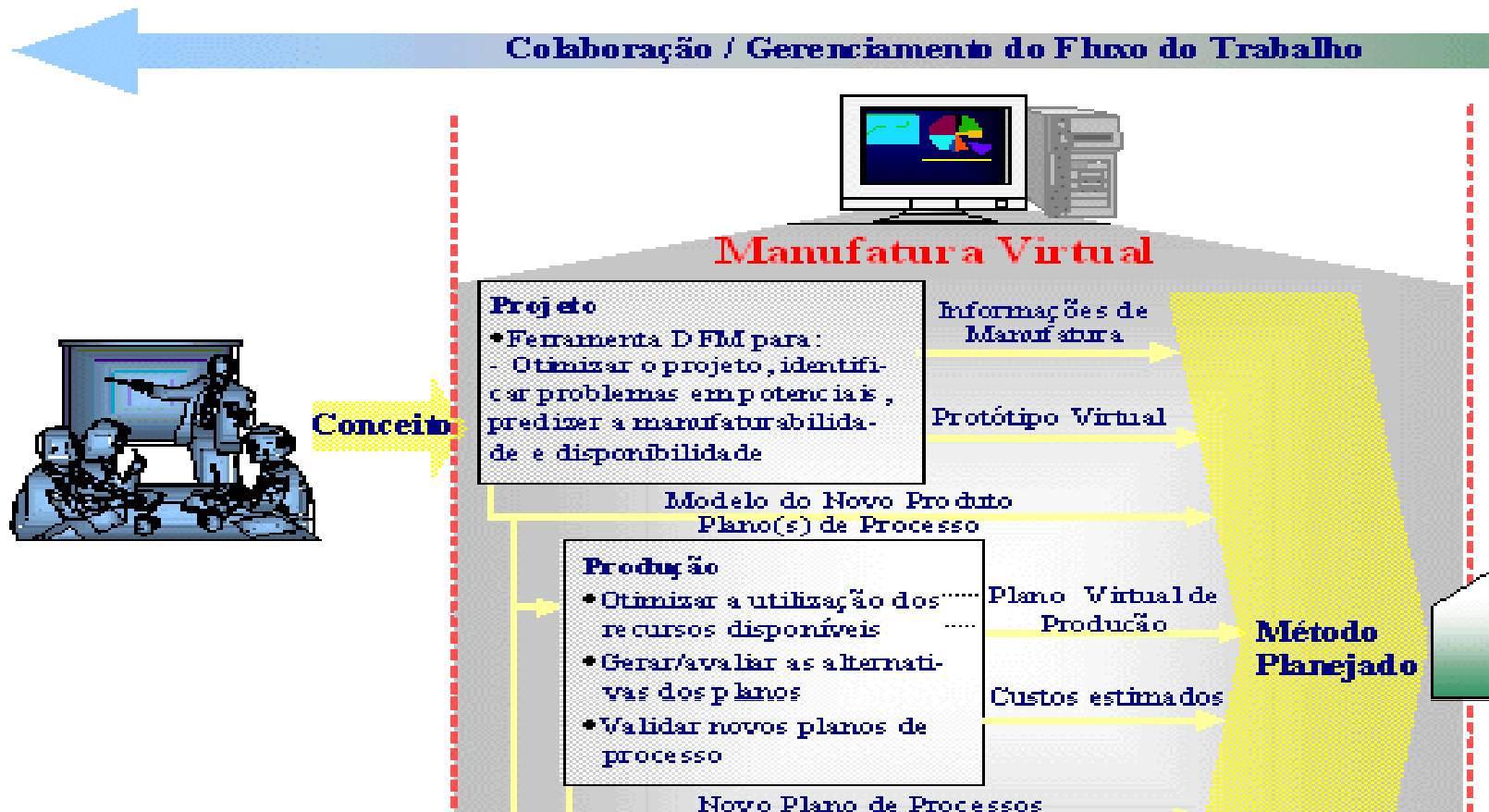
É definida como uma atividade onde uma empresa (cliente) utiliza serviços oferecidos por Centros Especializados (servidores) disponibilizados via rede de comunicação (Internet) para executar, em tempo real, operações e processos necessários para o projeto e a produção de bens.

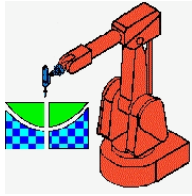




Manufatura Virtual

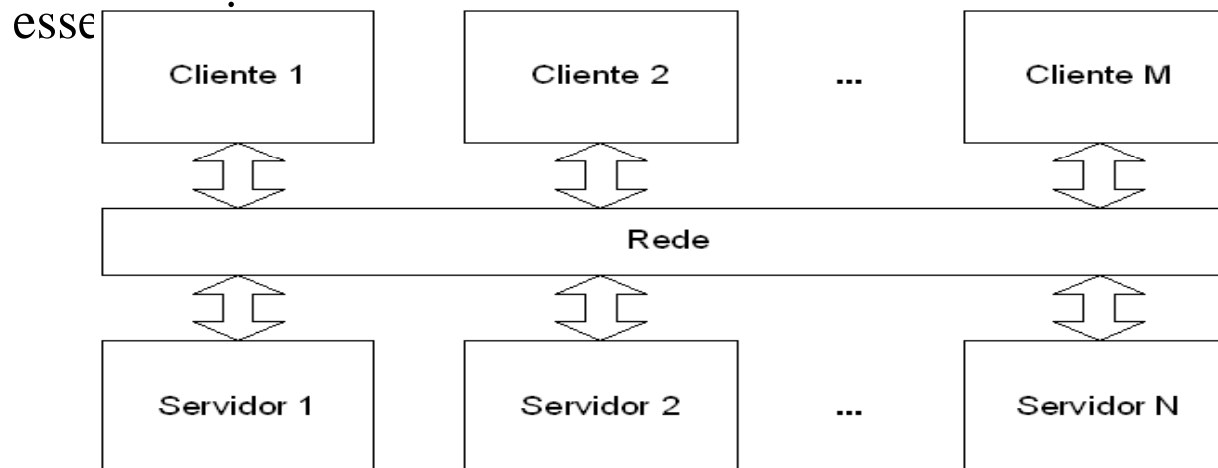
Ambiente simulado de desenvolvimento de produto, o qual possibilita que o mesmo possa ser "fabricado virtualmente" antes de ser "fabricado de fato".

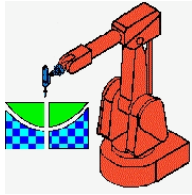




Modelo Cliente-Servidor

- É um modelo de sistemas distribuídos que mostra como os dados e processamentos são distribuídos entre um conjunto de processadores:
 - um conjunto de servidores independentes que oferecem serviços para outros sub-sistemas;
 - um conjunto de clientes que requisitam serviços oferecidos pelos servidores;
 - uma rede de computadores que permite que os clientes acessem

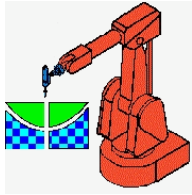




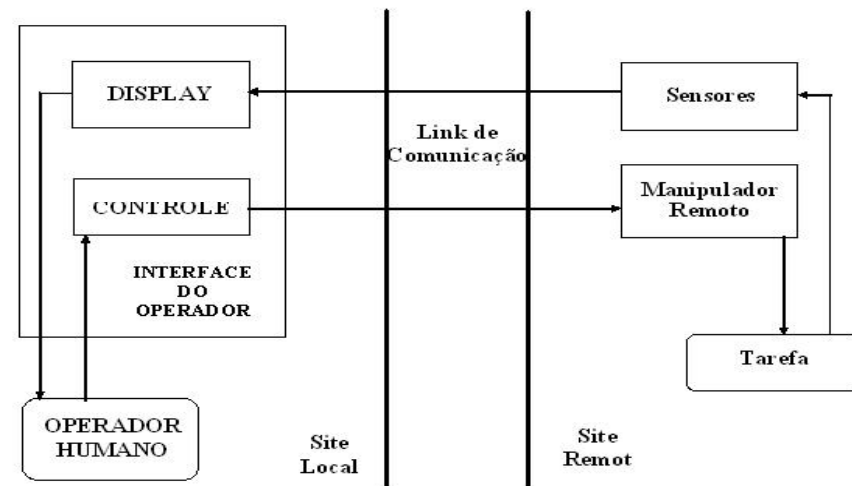
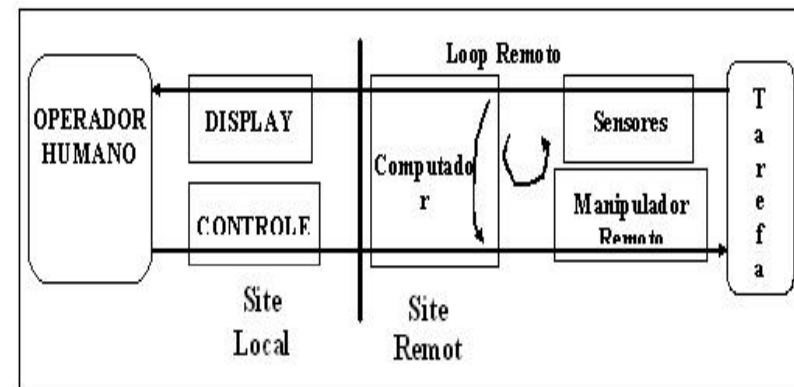
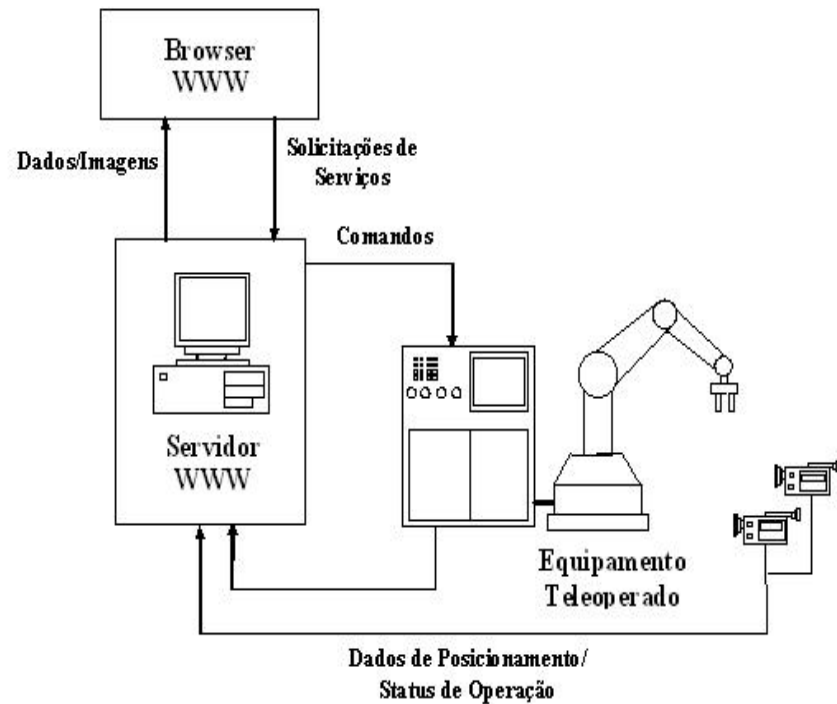
Modelo ISO-OSI

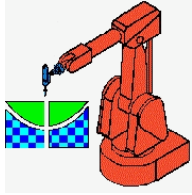
Note: NFS Services requires NS-ARPA

OSI Layer	NS-ARPA Services/300			NFS Services/300
	Network Services (NS)	ARPA Services	Berkeley	
7	Network File Transfer (NFT) Remote File Access (RFA)	File Transfer Protocol (ftp) Telnet (telnet)	Remote Copy (rcp) Remote Login (rlogin) Remote Execution (rexec) Remote Shell (remsh) Remote Who (rwho)	Network File System (NFS) Yellow Pages (YP)
6		Simple Mail Transfer Protocol		EXternal Data Representation (XDR)
5	NetIPC		BSD (Berkeley) Sockets	Remote Procedure Call (RPC)
4	Transmissions Control Protocol (TCP)	Transmissions Control Protocol (TCP)	Transmissions Control Protocol (TCP)/ User Datagram Protocol	User Datagram Protocol (UDP)
3	Internet Protocol (IP)	Internet Protocol (IP)	Internet Protocol (IP)	Internet Protocol (IP)
2	IEEE 802.3	Ethernet	Ethernet	Ethernet
1	Ethernet/IEEE 802.3	Ethernet/IEEE 802.3	Ethernet/IEEE 802.3	Ethernet/IEEE 802.3



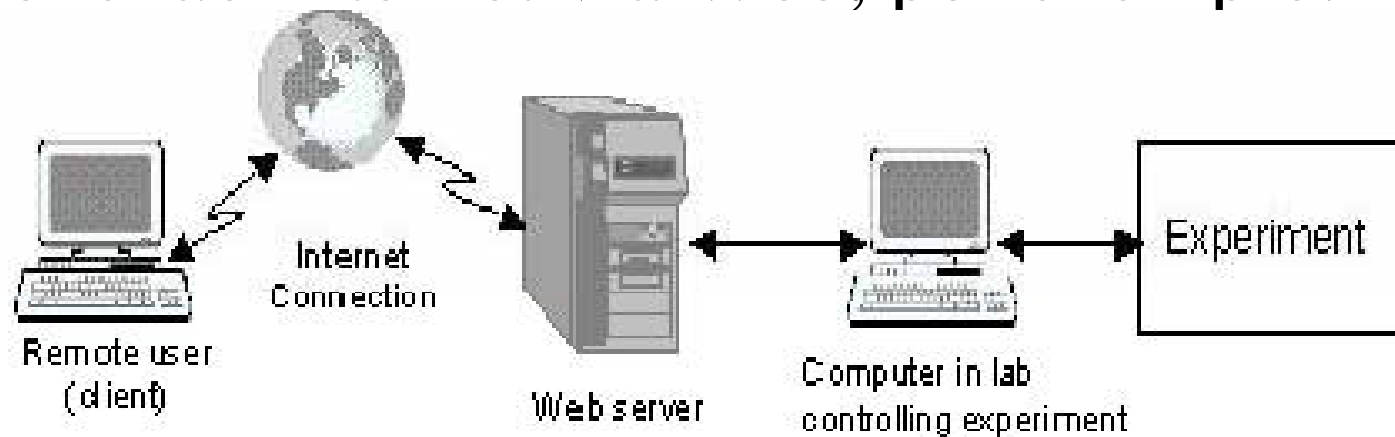
Teleoperação - TeleRobótica

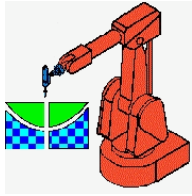




Laboratórios Virtuais e Remotos

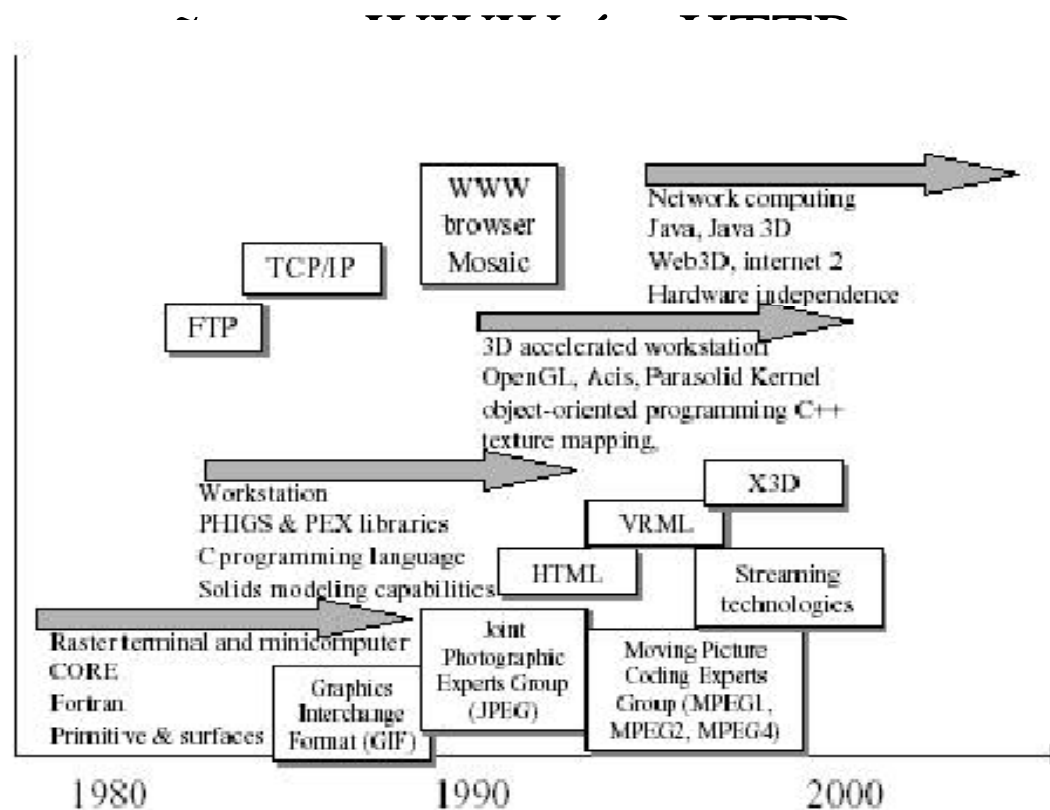
- Os laboratórios virtuais são simulações de dispositivos físicos por meio de software..
- Os laboratórios remotos permitem que experimentos reais do laboratório sejam controlados remotamente através de uma conexão Internet via Web, por exemplo.

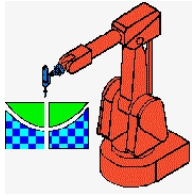




World Wide Web - WWW

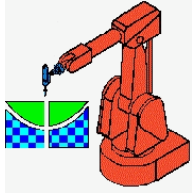
- . O serviço WWW surgiu em 1989 como um integrador de informações.
- . O protocolo mais usado para a transferência de





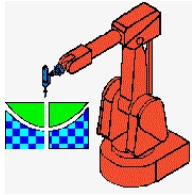
World Wide Web - WWW

- Uma CGI (common gateway interface) é colocada em um servidor WWW para realizar a interface deste com programas externos.
- Servlets são módulos de código Java que ``rodam" em uma aplicação no Servidor (estão para o lado do servidor, assim como Applets estão para o lado do cliente), respondendo a uma solicitação do cliente .
- A linguagem Java torna possível a criação de aplicações multimídia interativas as quais serão executadas localmente nas máquinas clientes de forma independente da plataforma.
- A linguagem Javascript foi criada pela Netscape com o objetivo de obter uma linguagem intermediária entre a linguagem Java e a HTML, de tal forma que fosse complementar e integrada a estas duas linguagens.
- VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) é uma linguagem de descrição de simulações interativas com vários participantes se comunicando através da Internet



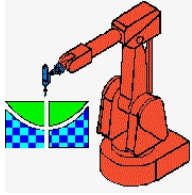
Modelos de Computação Distribuídos

- Modelo de Computação Tradicional em Rede de Computadores: usa um servidor de rede para armazenar aplicações DOS, Windows, Unix, etc, e arquivos de dados para a rede.
- Modelo de Computação Cliente/Servidor: distribui o processamento de aplicações sobre diferentes computadores na rede, onde o servidor manipula o acesso aos dados em função da aplicação, enquanto que o cliente executa o serviço de apresentação e funções lógicas da aplicação.
- Modelo de Computação em Rede de Computadores: semelhante ao modelo tradicional, entretanto, utiliza tecnologia Java, onde o servidor armazena todas as aplicações Java e dados dos cliente.
- Modelo de Computação Baseado em Servidor: usa uma arquitetura na qual aplicações e dados são oferecidos, gerenciados, suportados e executados 100% no servidor. Os dispositivos clientes, *fat* ou *thin*, tem acesso instantâneo as aplicações no servidor sem o uso de aplicações de escrita ou download (Citrix, XDM/X11 e RDP).

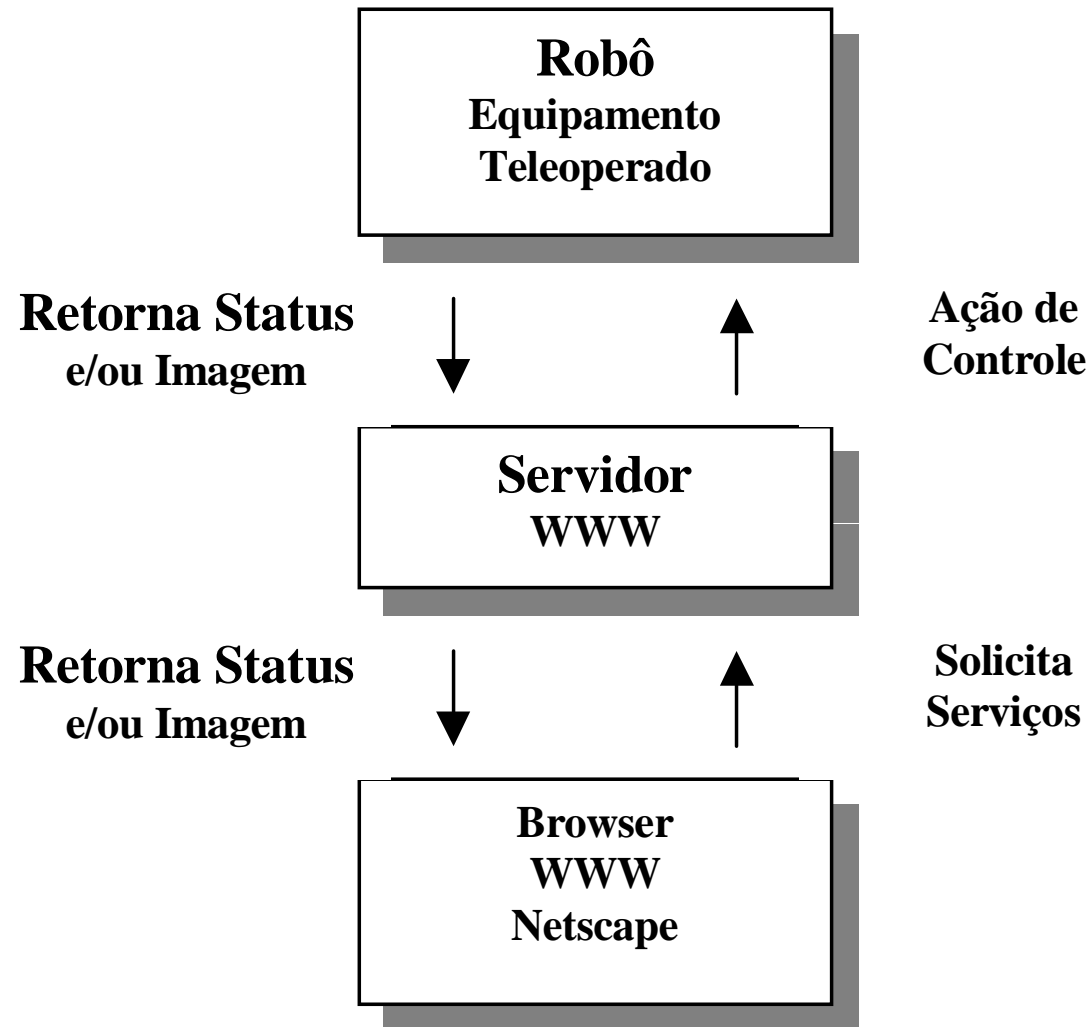


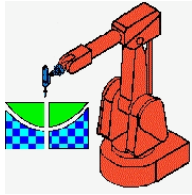
Metodologia: TeleRobótica utilizando a Internet como link de comunicação

- Arquitetura Cliente/Servidor;
- Utilizando o Protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol);
- Servidor WWW convencional (CERN, NCSA ou APACHE);
- Interface multimídia;
- Cliente WWW (*browser*) como o Netscape, Arena ou Internet Explorer.

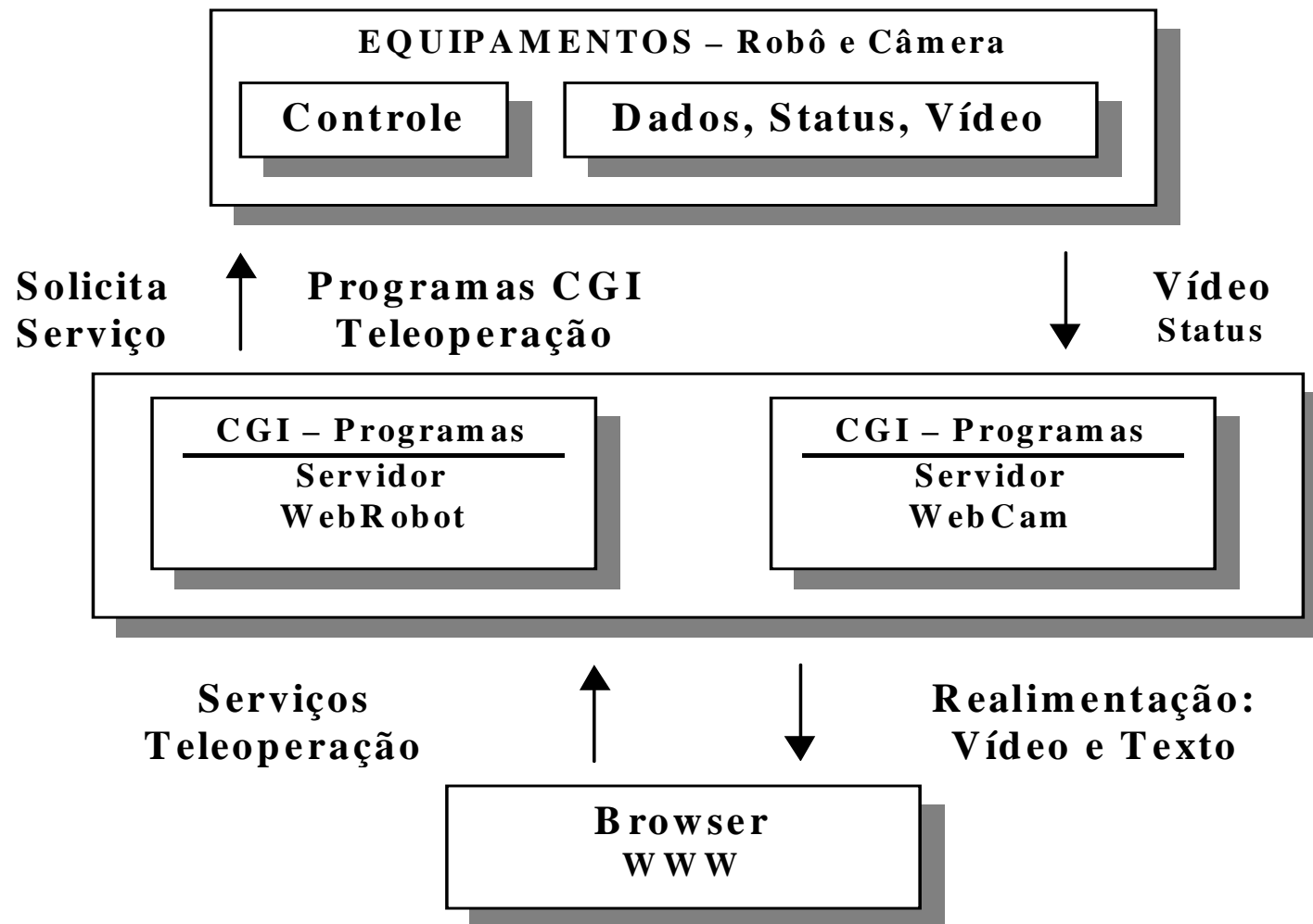


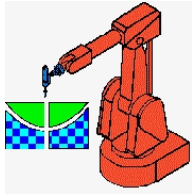
Arquitetura Para Teleoperação





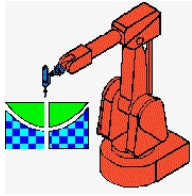
Servidor HTTP: Módulos WebCam e WebRobot





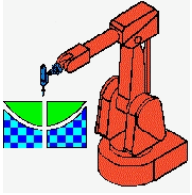
RESTRIÇÕES DO PROTOCOLO INTERNET - TCP/IP

- A Internet apresenta uma largura de banda heterogênea;
- Taxas de transmissão não determinísticas;
- Aplicações em tempo real para captura de vídeo e controle apresentam restrições;
- Taxas típicas de transmissão de vídeo com compressão necessitam de 20 Kbps (RealVideo), e sem compressão, de 100 Kbps (seqüência de imagens JPEG) com 5 quadros/s.



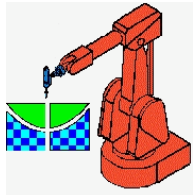
RESTRIÇÕES DO PROTOCOLO INTERNET - TCP/IP

- O *delay* (atraso) é inerente ao protocolo TCP;
- Resolução desta restrição: adicionar algum grau de autonomia para a aplicação;
- É obtido localmente no Servidor de teleserviços, que deve monitorar estas condições limites (emergências e perigo eminente).



INTERFACE COM O USUÁRIO - GUI

- Baseada nas linguagens de programação HTML, JavaScript e JAVA;
- O *applet* escrito em JAVA pode ser executado em qualquer plataforma com um *browser* WWW;
- Interface amigável com o sistema de teleoperação;
- Aceitando comandos e dispara os programas CGI necessários para executar as funções disponibilizadas;
- Apresenta as informações necessárias para o usuário que são recebidas pelo servidor;
- A realimentação visual é feita através do Servidor WebCam;
- GUI que recebe as imagens em formato comprimido (MPEG ou RealVideo) ou em uma seqüência de imagens JPEG.



Teleoperação: <http://telerobot.mech.uwa.edu.au>

Observer Page for Telerobot - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Go Favorites Help

Back Forward Stop Refresh Home Search Favorites Print Font Mail

Address <http://telerobot.mech.uwa.edu.au/cgi-win/telerob.exe> Links

[home](#) | [additional features](#) | [about](#) | [tutorial](#) | [feedback](#) | [mail us](#) | [?](#)

Observe robot

1

2

3

4

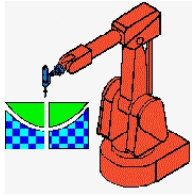
Sorry, you can't play with the robot right now because it is **currently being used by Guest**.

Observe only? (uncheck to try to gain control)

Current position and orientation:
X = 14, Y = 300, Z = 6, Spin = 89, Tilt = 45

Note: Registered users can steal control from guests. To become a registered user simply fill in a little [questionnaire](#) and [login](#) as a registered user.

Iniciator Microsoft ... The RS232... Corel PHO... Conectado ... Observer... Telerobot c... 11:16



Sistema RobWebLink: Interface com o Usuário

Netscape: ROBWEBLINK – GRACO UnB

File Edit View Go Communicator Help

Back Forward Reload Home Search Guide Print Security Stop

Location: <http://webrobot.graco.unb.br/rwblnfr.html>

Internet Lookup New&Cool

READ WRITE Listar Camera

CURRENT STATUS

Prog#: 0
Instruction#: 10
Frame: 0
TCP: 0
Key Mode: AUTO
Operation Mode: Operation
X: 7601
Y: 0
Z: 12679

Update

ROBWEBLINK – Função 21
Request from SC for information about which programs are contained in the robot memory and the free area in the robot memory

Essa funcao lista todos os programas residentes na memoria do robo, e fornece a porcentagem livre de memoria, a funcao e executada imediatamente apos a sua solicitacao, sem que seja solicitado qualquer parametro.

Confirma a execucao da funcao 21?

Memoria disponivel: 31622 bytes
OS PROGRAMAS PRESENTES NA MEMORIA:
Programa 1
Programa 10
Programa 11
Programa 12
Programa 20
Programa 21
Programa 22
Programa 30
Programa 31
Programa 32
Programa 41
Programa 50
Programa 51

Telerobot: RobWebLink – Prof. Alberto Jose Alvares, Luis Felipe Paulinyi, GRACO – UnB

Robo ON

Netscape: Controle RobW

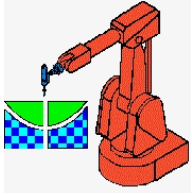
Posicionamento Rapido

WEBREMOTE

Robwebcam

CAIXA DE ENVIO

O telegrama enviado pode ser editado nessa tela.



GUI NOMAD

File Edit View Go Communicator Help

Back Forward Reload Home Search Netscape Print Security Shop Stop

Location: <http://upper.graco.unb.br/tourino/robot.html> What's Related

Image from the XR4000 Robot



XR4000 Camera's Control Applet

UL	Up	UR
Left	Center	Right
DL	Down	DR

Absolute Change

Pan:

Tilt:



Server connected.

Image of the XR4000's Garage



XR4000's Control Applet

CCW	Front	CW	Sonar <input type="checkbox"/>
Left	Stop	Right	
<input type="button" value="Back"/>			

Distance Speed

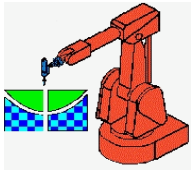
Linear (mm):

Angular (deg):



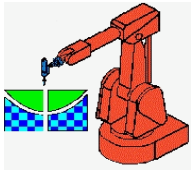
Odometry

X=0 Y=0 Teta=0



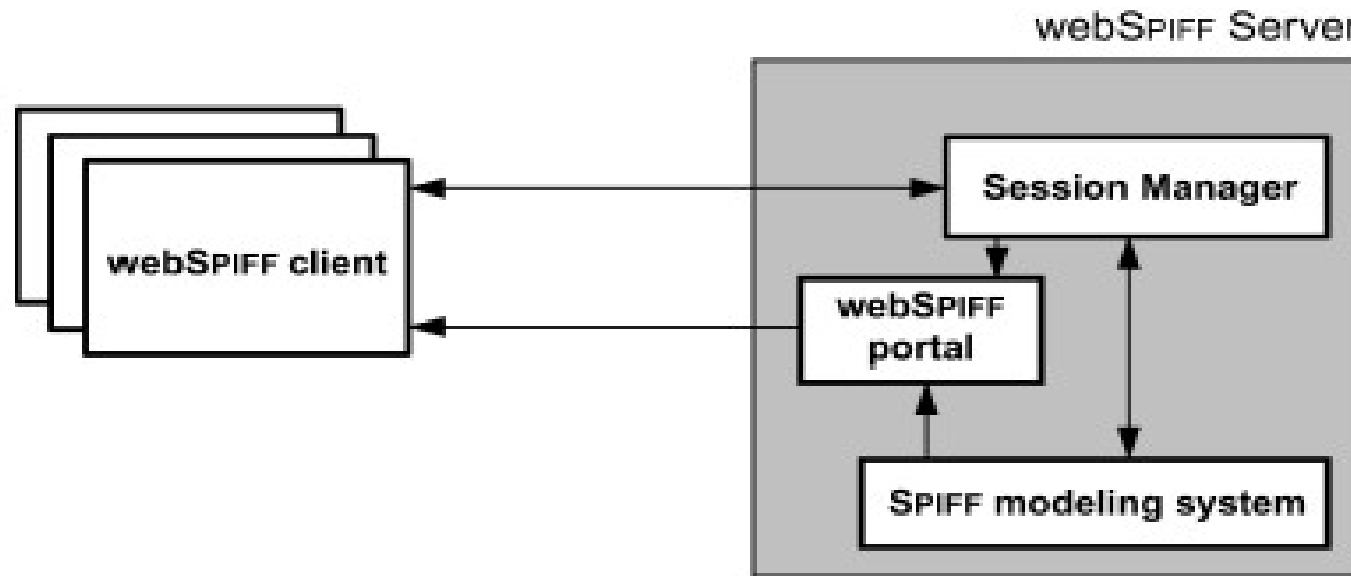
Sistema Cooperativos CAD

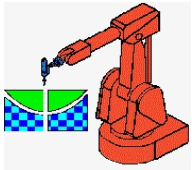
- São sistemas multi-usuários distribuídos sendo ao mesmo tempo concorrente e sincronizado :
 - Concorrência envolve gerenciamento de diferentes processos que tentam simultaneamente acessar e manipular o mesmo dado.
 - Sincronização envolve propagação, envolvendo dados entre usuários de uma aplicação distribuída, de forma a deixar seus dados consistentes.
- Utilizam arquitetura cliente/servidor: distribuição de funcionalidade X dados.
- Um problema recorrente nos sistemas cliente/servidor está associado ao conflito entre a limitação da complexidade da aplicação cliente e a minimização do carregamento da rede.
- A complexidade do cliente é principalmente determinada pelas facilidades de modelagem e interatividade implementadas no cliente,
- O carregamento da rede é determinado principalmente pelo tipo e tamanho do modelo de dados sendo transferido de/para os clientes.



WebSpiff (<http://www.webspiff.org>)

- Sistema de Modelagem SPIFF: fornece toda a funcionalidade para modelagem baseada em feature, utilizando o kernel de modelagem ACIS.
- Gerenciador de Sessão: fornece funcionalidade para iniciar, associar-se, sair e fechar uma sessão de modelagem, bem como, gerência todas as comunicações entre o sistema SPIFF e os clientes.

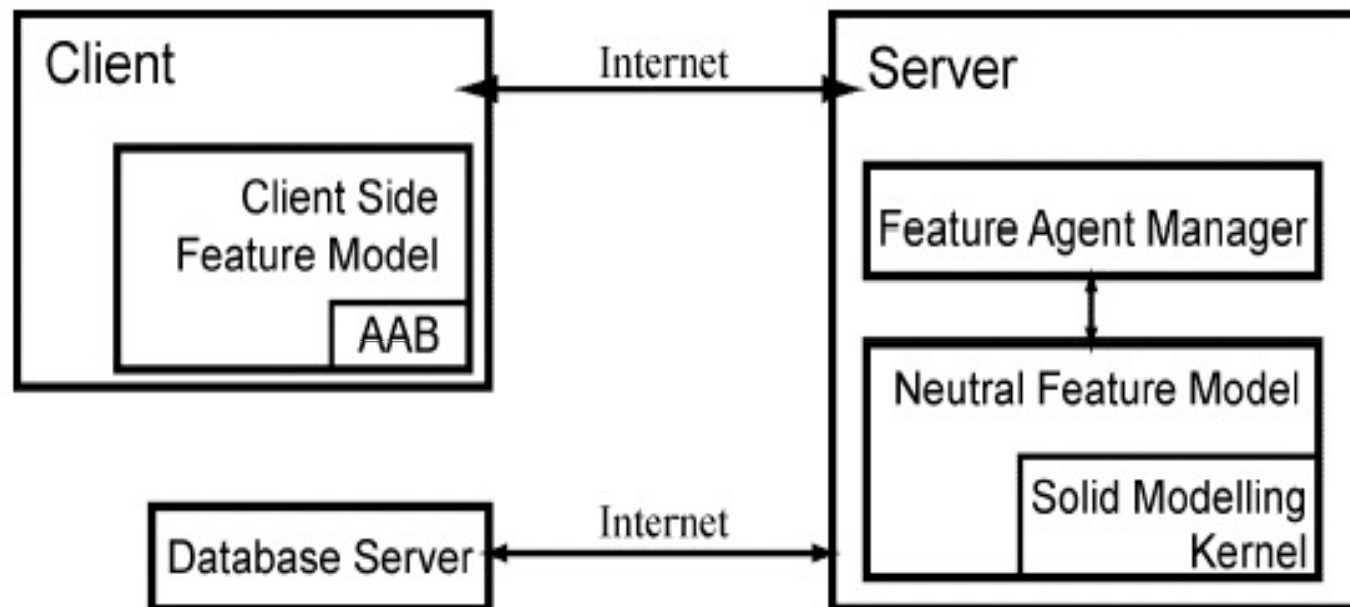


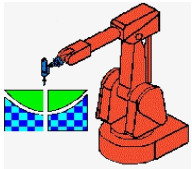


NetFeature

- Sistema de modelagem baseado em *features* e na web. Browsers, clientes, conectam-se ao servidor de modelo de feature neutro.
- O Modelo de Features Neutro comunica-se com um servidor de Base de Dados. O Modelo de *Features* Neutro mantém

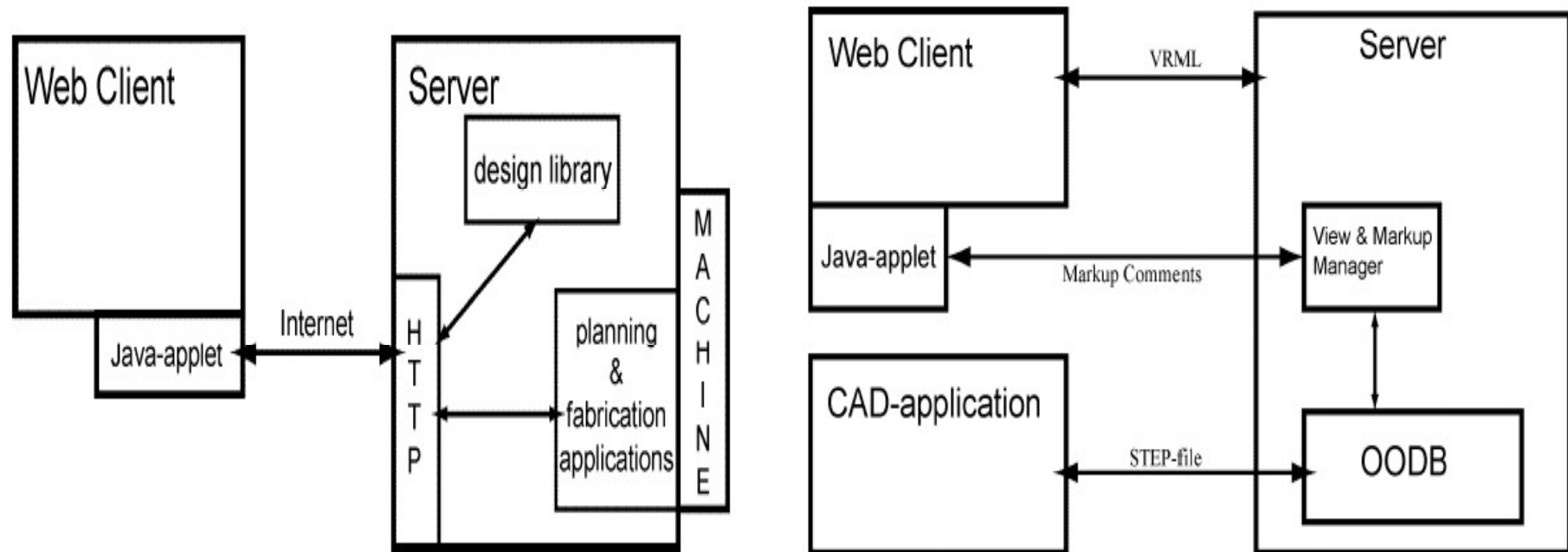
uma
arm.
tole





WebCad3D e CyberCut

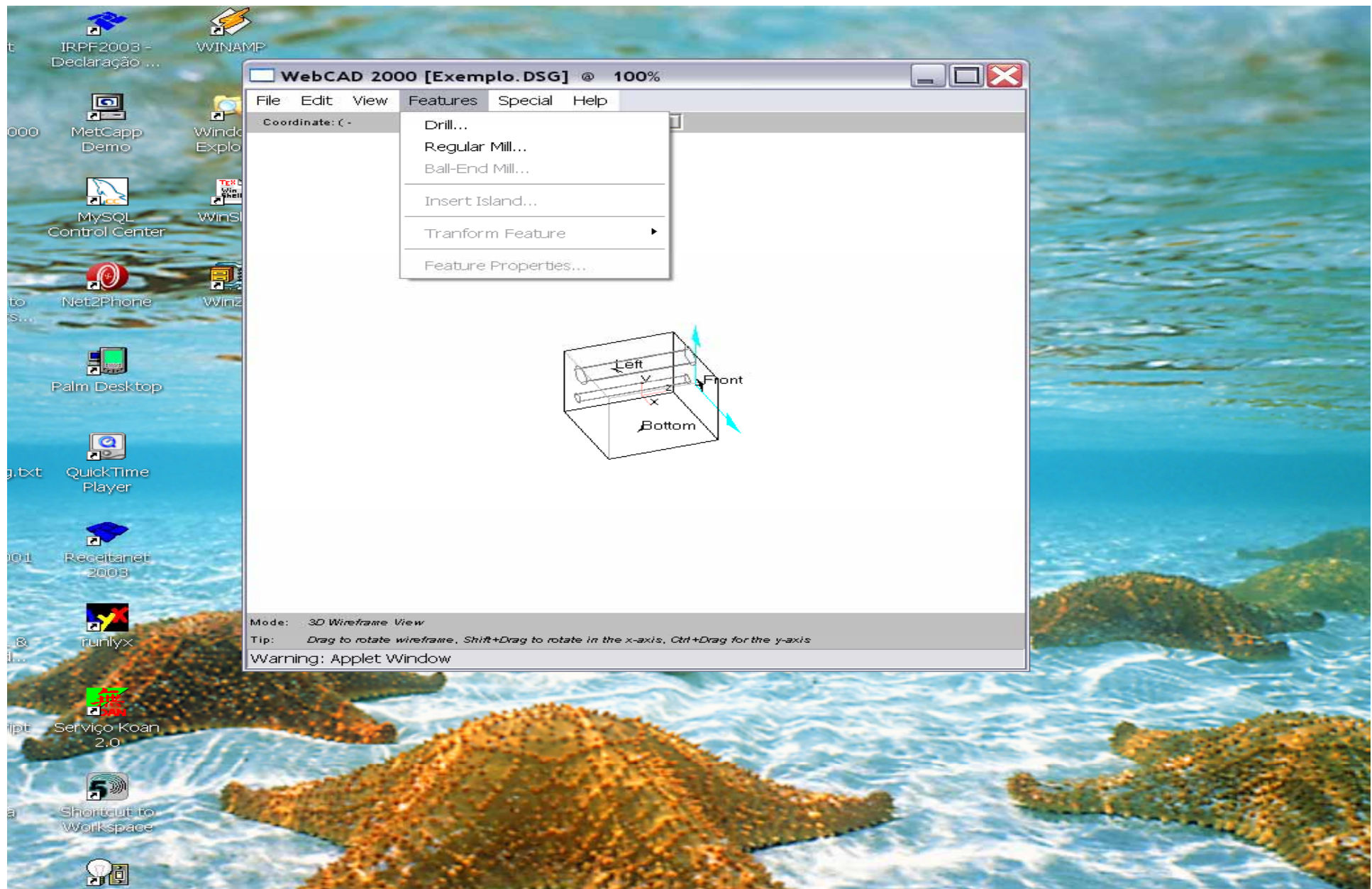
- Software de CAD: Java applets via páginas web, baseado no conceito de Destructive Solid Geometry (DSG).
- Um CAPP que acessa uma base de conhecimento contendo informações sobre ferramentas e fixações.
- Uma fresadora CNC de arquitetura aberta.

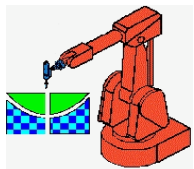




Applet – WebCad2000/CyberCut

GRACO
GRIMA





GUI: CAD/CAPP/CAM

CAD/CAM ALICATE Data: 02/07/01

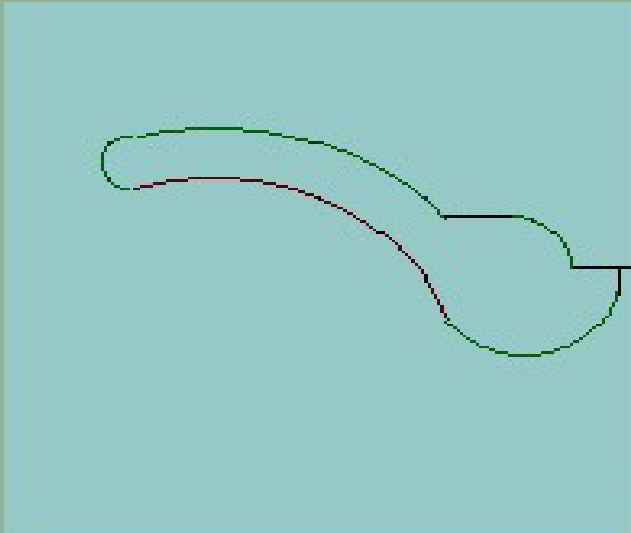
Avanco Rapido

Reta

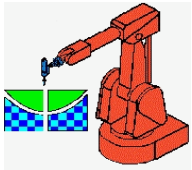
Arco (anti-horario)

Arco (horario)

Inicio	Xo:	<input type="text" value="195"/>	Yo:	<input type="text" value="100"/>
Fim	X1:	<input type="text"/>	Y1:	<input type="text"/>
Centro	Cx:	<input type="text" value="0"/>	Cy:	<input type="text" value="0"/>



```
M42
CYC83 PIERCE POINT X200 Y100 TP
G01 X180 Y100
G03 X160 Y80 i160 j100
G01 X140 Y80
G03 X40 Y50 i66 j145
G03 X40 Y70 i40 j60
G02 X140 Y120 i66 j145
G03 X195 Y110 i165 j103
```



GUI: Teleoperação

START	CE	STOP
BloqCNC	Modo Manual	LibCNC
Zerar X	Referenciar	Zerar Y
Enviar Programa	Exec. Continua	Selecionar Programa
Status	Backup	EMERGENCIA!!!

Conectado ao servidor.

a) Applet Controle CNC



b) Applet Posicionamento Tocha

Edite ou cole o Programa a enviar no campo abaixo.

```

I:%100.88
:
:N00 M03
:N05 cyc call 83 piercepoint x30 y0 tpo pre 15
:N10 G90 G71 G94
:N15 G01 X50 Y0
:N20 G01 X150 Y50
:N25 G01 X150 Y20
:N30 G01 X165 Y20
  
```

ENVIAR PROGRAMA

Sistema WebOxicate - Netscape

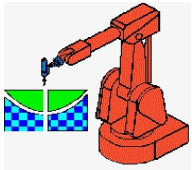
HELP! Enviar Programa Executar Programa Fazer Backup

- WebOxicate -

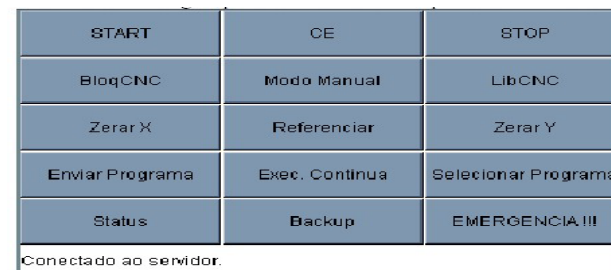
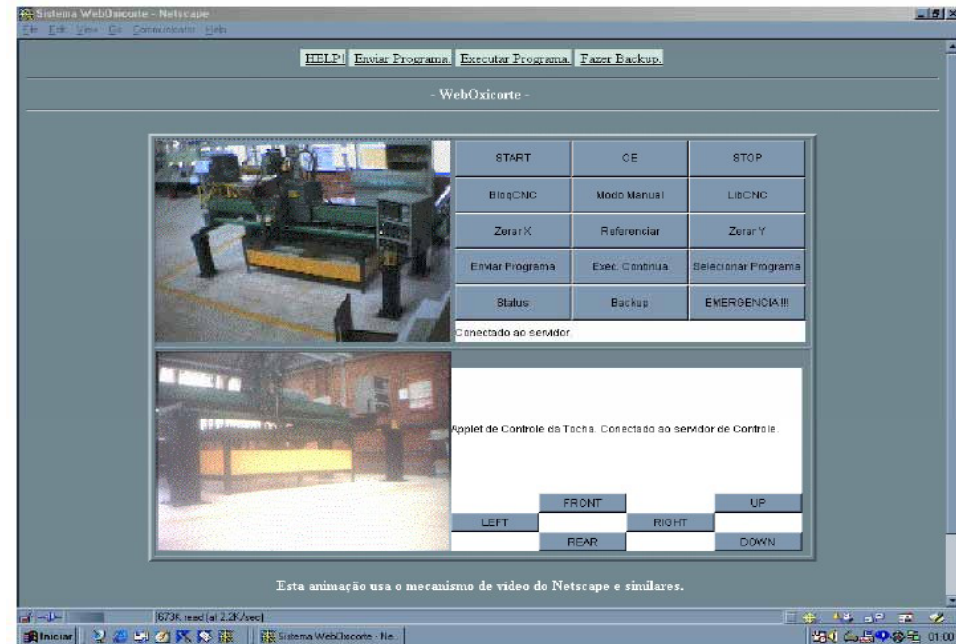
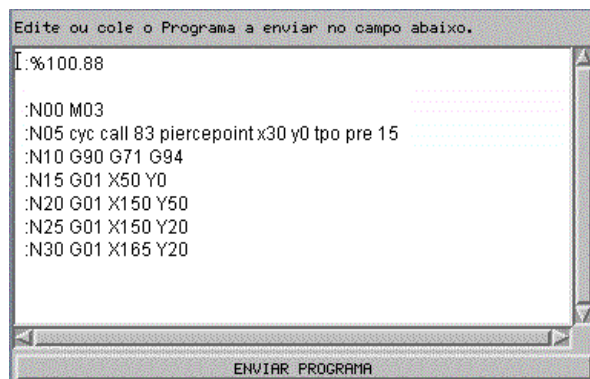
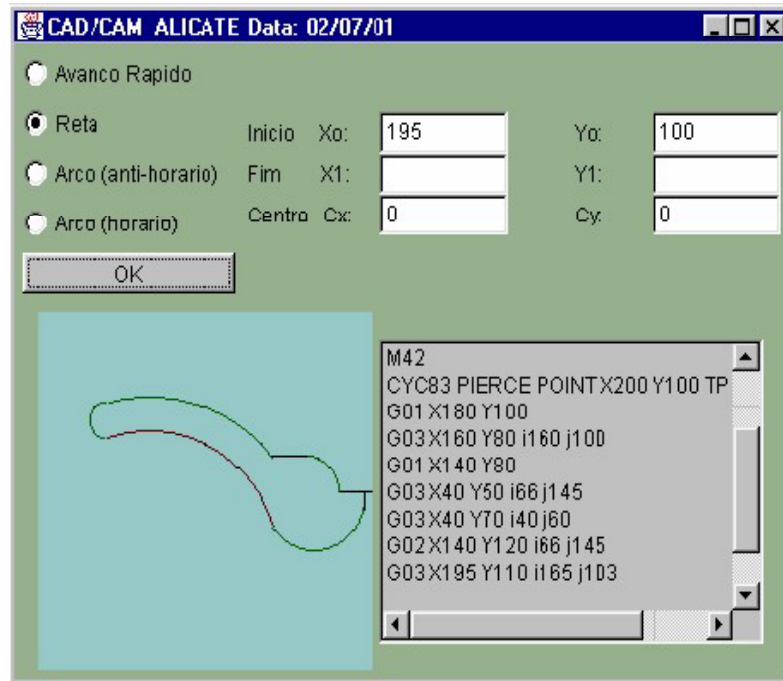
Conectado ao servidor.

Applet de Controle da Tocha. Conectado ao servidor de Controle.

Esta animação usa o mecanismo de vídeo do Netscape e similares.



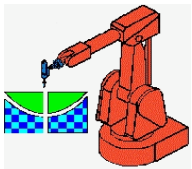
GUI: Teleoperação



a) Applet Controle CNC

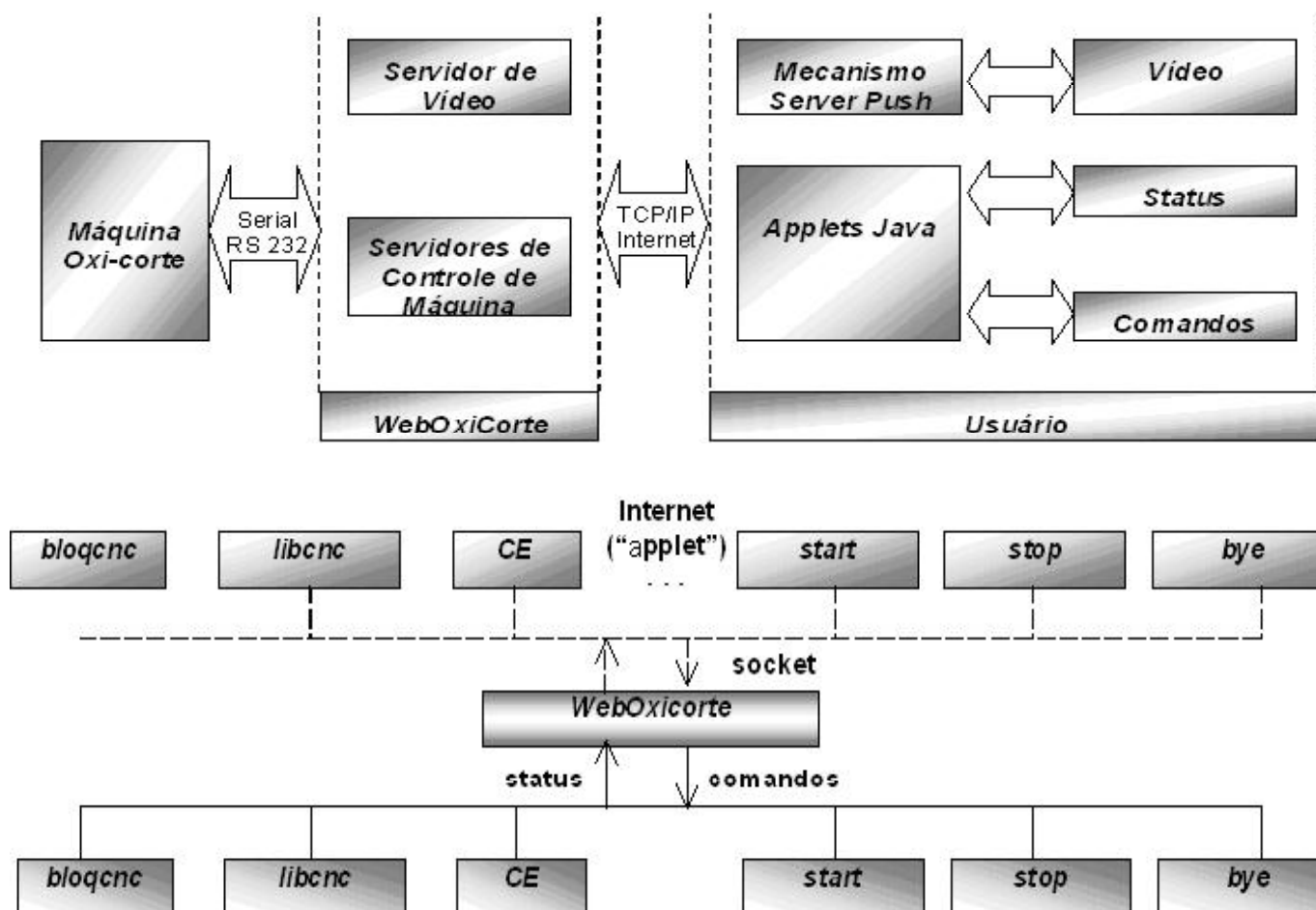


b) Applet Posicionamento Tocha



Arquitetura Teleoperação

- Cliente/Servidor utilizando Sockets





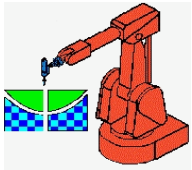
CAD/CAPP/CAM

- SHUNMUGAM et al. (2002):
 - poucos sistemas CAPP levam em consideração aspectos de *otimização da seqüência das operações* ou sugerem seqüências *alternativas de operações* ou planos de processo.
- ERICKSON (1988) revisou mais de 127 sistemas CAPP e projetos associados:
 - incompatibilidade nos *softwares*, no *hardware* e nas diferentes representações de produto, recursos e planos de processo inibiram o *desenvolvimento de um sistema integrado de propósito geral*.
 - O autor sugere que os *futuros sistemas CAPP* deverão ser *modulares, fáceis de integrar, amigáveis e de fácil manutenção*.



CAD/CAPP/CAM

- CAY e CHASSAPIS (1997):
 - fazem um levantamento do estado da arte associado ao CAPP e *concluem que sistemas de engenharia distribuídos baseados em agentes irão permitir a integração das atividades de desenvolvimento de produto de forma concorrente.*
 - Destacam a *falta de boas metodologias para desenvolvimento de sistemas de engenharia concorrente que incluam planejamento de processo.*
 - Sugerem que as *metodologias IDEF* (Integration Definition for Function Modeling) devem ser utilizadas para descrever os *modelos das atividades de produção.*

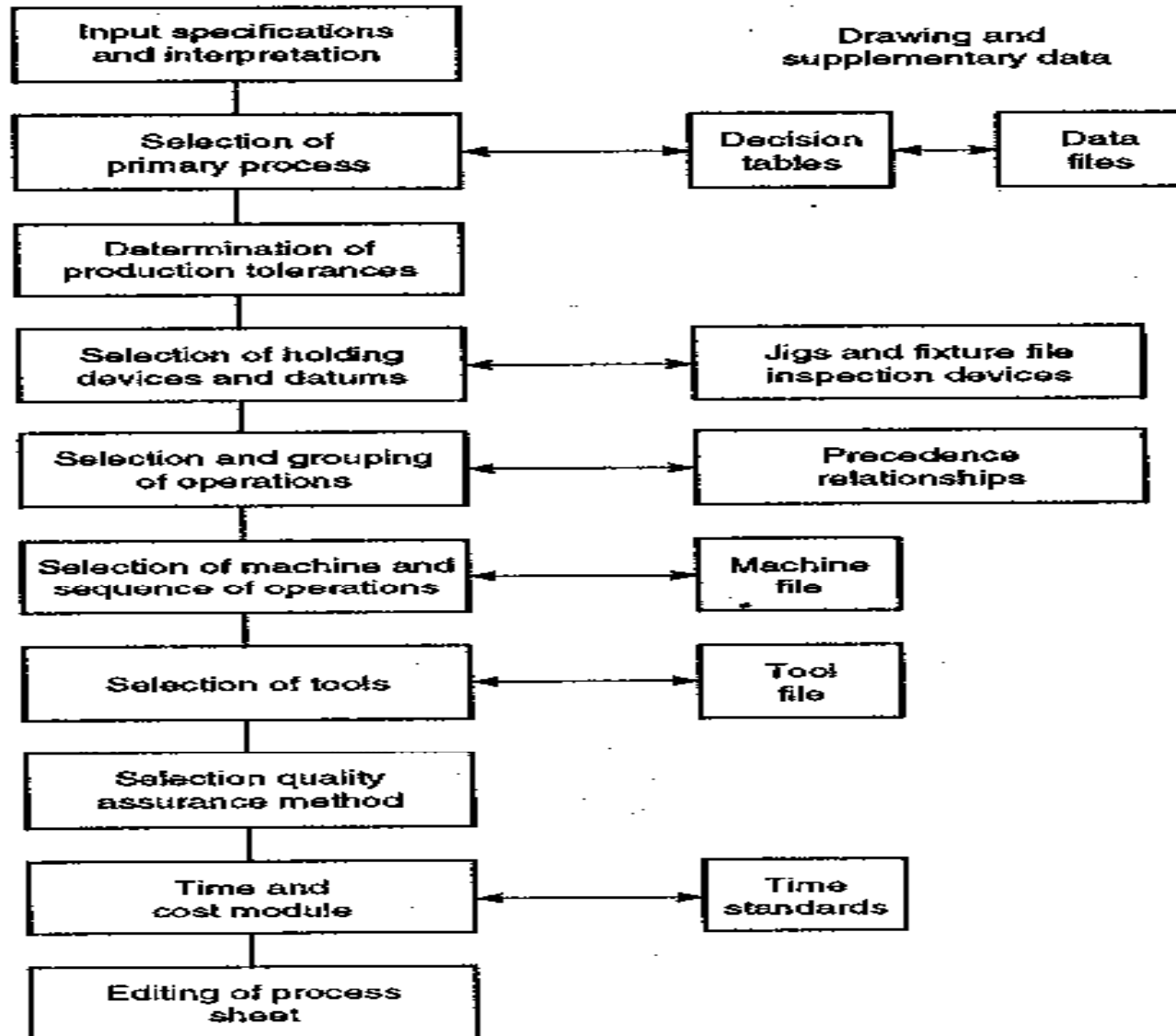


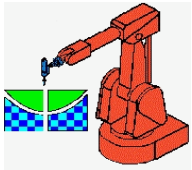
Ferramentas Computacionais Para CAPP

- Sistemas de gerenciamento de bases de dados relacional.
- CAPP Variante Baseado na Web.
- Tabelas de Decisão.
- Inteligência Artificial.
 - Sistemas especialistas.
 - Abordagem através de sistemas multiagentes (MAS)
 - KQML: Linguagem de agentes



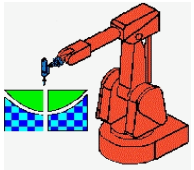
Atividades no P.P. (Halevi e Weil)





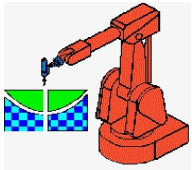
Sistemas Multiagentes

- Agentes são metáforas computacionais; um software que pretende imitar o comportamento de seres humanos:
 - comportamento independente e inteligente.
- Arquitetura de agentes: um conjunto de especificações e técnicas utilizadas para a definição funcional dos agentes.
 - *Uma metodologia específica como os agentes podem ser decompostos na construção de um conjunto de módulos (componentes) e como estes módulos podem interagir entre si.*
 - *Uma arquitetura envolve técnicas e algoritmos que suportem esta metodologia.*



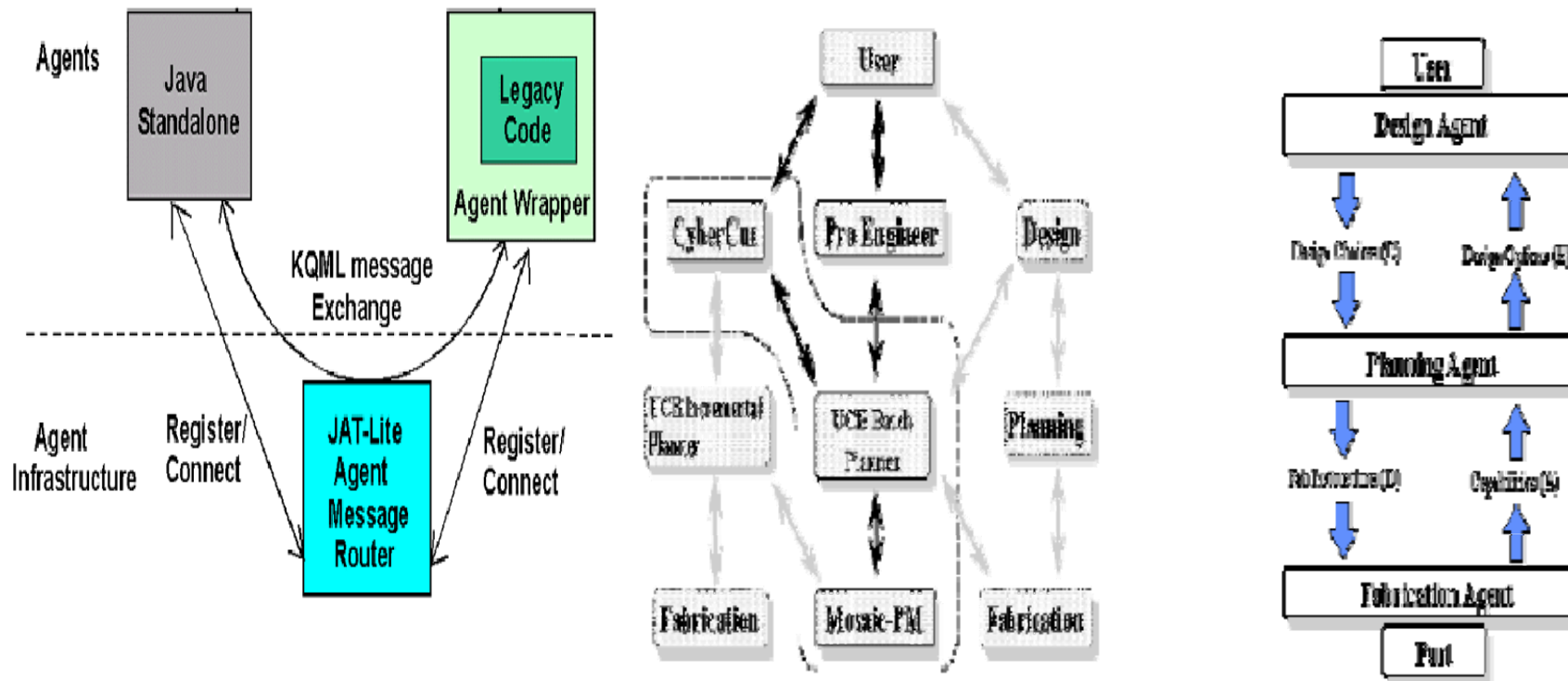
Modelo de Tomada de Decisão?

- Arquitetura baseada em sistemas multiagentes .
- Sistema de gerenciamento de base de dados relacional (MySQL® ou SQL®) para compartilhar as informações dos recursos disponíveis de manufatura (máquinas, ferramentas, informações de materiais, dispositivos de fixação, etc).
- Agentes como os resolvedores das atividades de planejamento do processo.
- Linguagem de comunicação de agentes KQML ou FIPA-ACL como linguagem que os agentes usam para se comunicar.



Modelo de Tomada de Decisão?

Cybercut: Agente & KQML



JATLite: Roteador de Mensagem de Agente



Síntese Revisão de Literatura

- modelagem utilizando a tecnologia de *Features* no lado do cliente;
- arquitetura baseada em sistemas multiagentes (MAS):
 - utilização de técnicas de representação do conhecimento como sistemas especialistas (JATLite com Clips, FuzzyClips ou Jess);
 - métodos para CAPP;
 - geração de planos de processo não lineares.
- sistemas distribuídos e arquitetura cliente/servidor;
- LAN: protocolo TCP/IP em conjunto com HTTP;
- programação: Java e C++;



Síntese da Revisão de Literatura

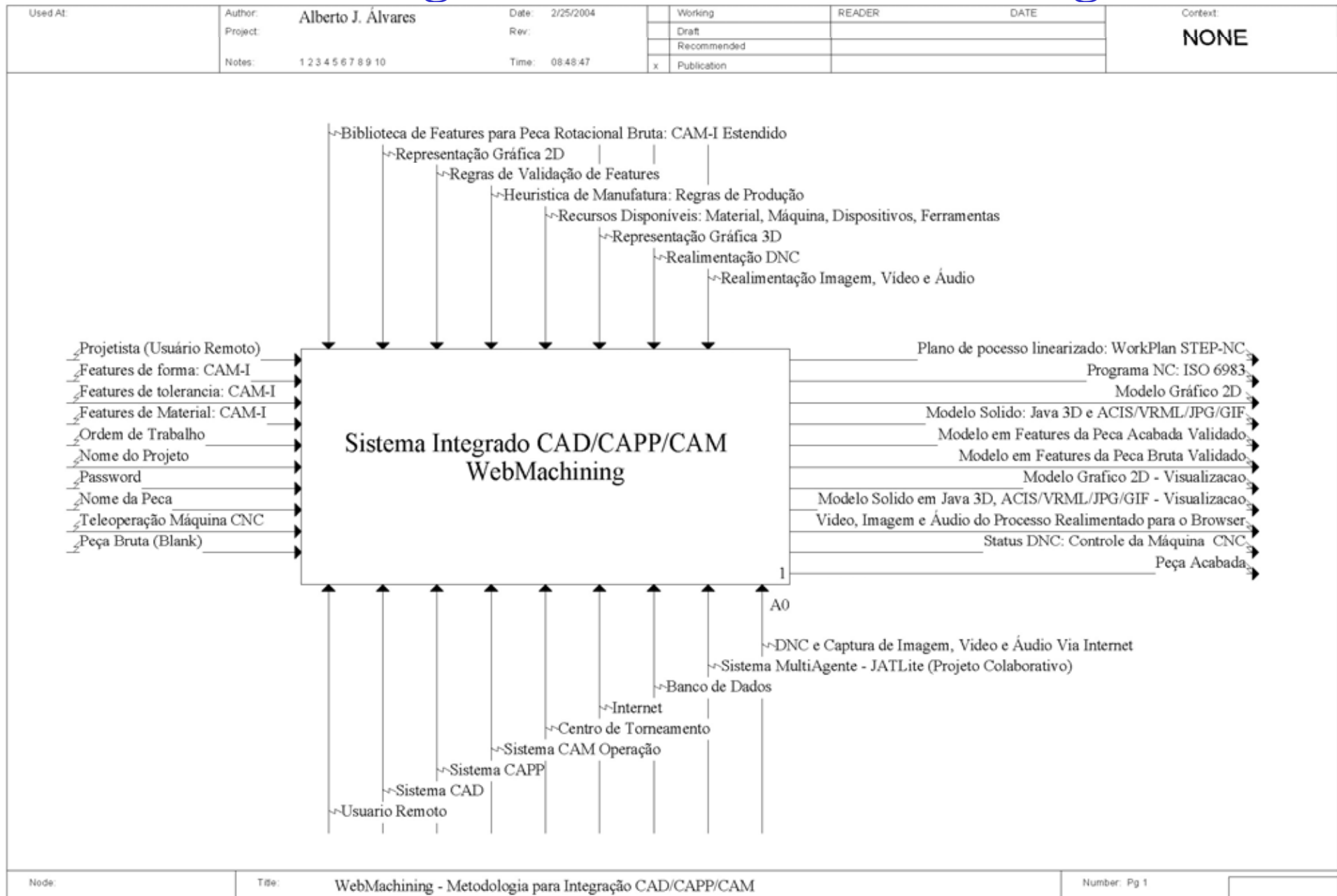
- Um adequado balanceamento entre a funcionalidade do cliente e a largura de banda disponível na Rede Internet;
- Base de dados relacional para compartilhamento de informações (máquinas, ferramentas, dispositivos de fixação, bibliotecas de *features*, etc);
- Projeto baseado em *Features* de projeto/forma (operações de torneamento) e usinagem (operações de fresamento e furação);
- Modelagem de sólidos utilizando servlets no lado do servidor e visualização de sólidos por VRML no lado cliente.



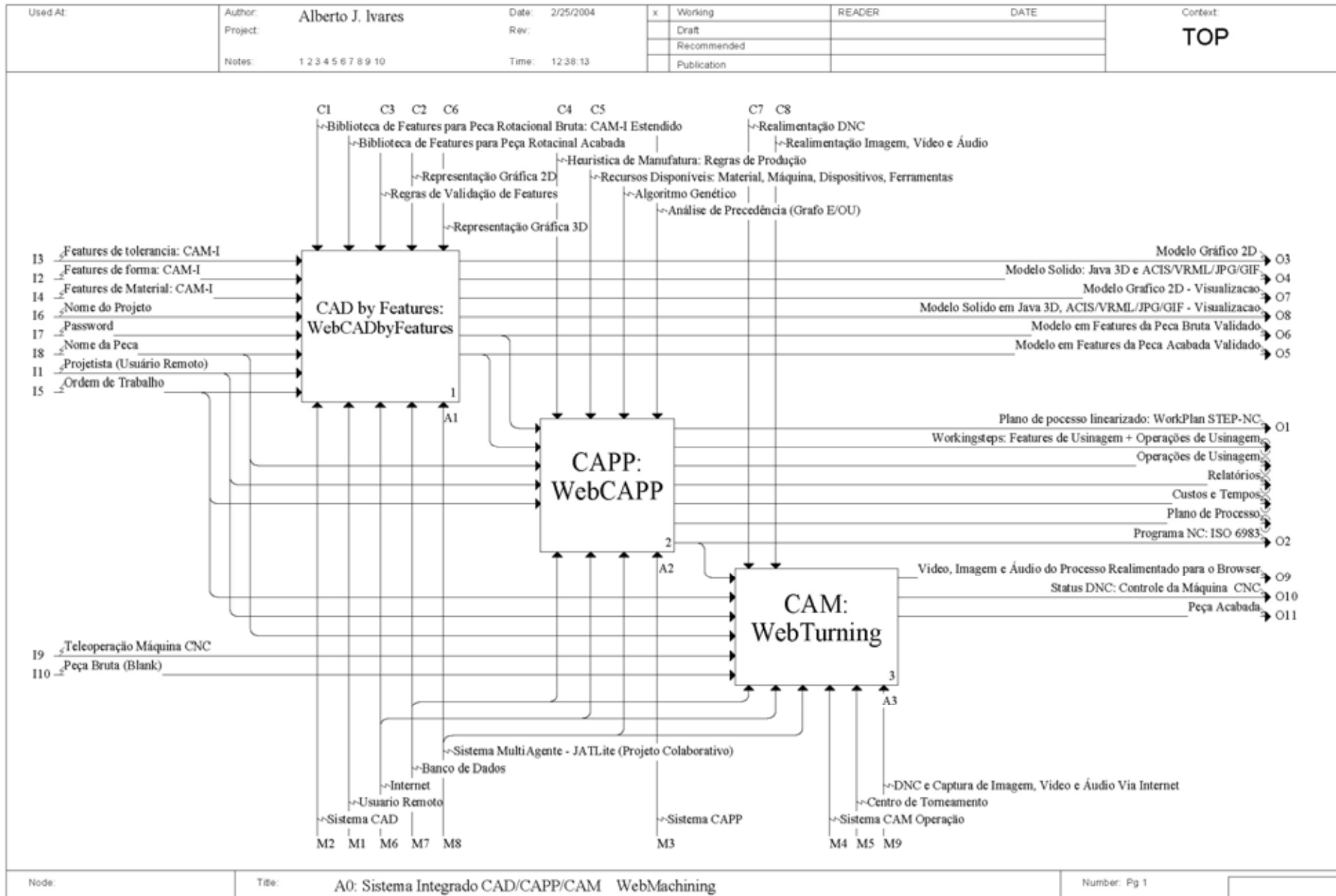
Metodologia WebMachining: CAD/CAPP/CAM

- A arquitetura proposta para o módulo CAD é baseada no paradigma de Projeto por síntese de *Features* (aditiva e subtrativa)
- Os módulos CAPP/CAM idealizados podem ser caracterizados:
 - **dimensão de Planejamento:** *planos de processos não lineares para peças rotacionais* utilizando centros de torneamento. *Microplanejamento gerando planos de processo com alternativas;*
 - **dimensão de Planejamento (tempo):** pode ser aplicado no nível tático e no nível operacional de um sistema de Gestão da Produção;
 - **dimensão Método de Planejamento:** CAPP Generativo;
 - **dimensão Profundidade de Planejamento:** dinâmico. Planos podem ser mudados dinamicamente durante a manufatura, *on-line.*

Modelagem IDEF0: WebMachining



WebMachining: WebCADbyFeatures, WebCAPP e WebTurning





Arquitetura Multiagentes

- Agentes trabalhando colaborativamente e de forma distribuída na resolução dos diversos problemas associados à integração CAD/CAPP/CAM em um contexto de uma comunidade de agentes de manufatura (MAC).
- Arquitetura MAC é estratificada em três camadas:
 - *no nível superior* reside um grupo de Agentes de Projeto, os quais atuam como ferramentas CAD colaborativo e também permite aos usuários que se conectem aos níveis inferiores.
 - *O nível intermediário* consiste de Agentes de Planejamento. Este grupo de agentes interpreta as definições de projeto, modelagem por features, realizada pelo usuário, e determina como fabricar a peça.
 - *no nível inferior* o Agente de Fabricação selecionado é responsável pela fabricação da peça
- É utilizado uma interface transparente entre o projeto, planejamento e fabricação.



Arquitetura Multiagentes MAC

AGENTE GUI

AGENTE DE PROJETO COLABORATIVO

ESCOLHAS DO PROJETO

OPÇÕES DE PROJETO

AGENTE DE PLANEJAMENTO NÃO-LINEAR

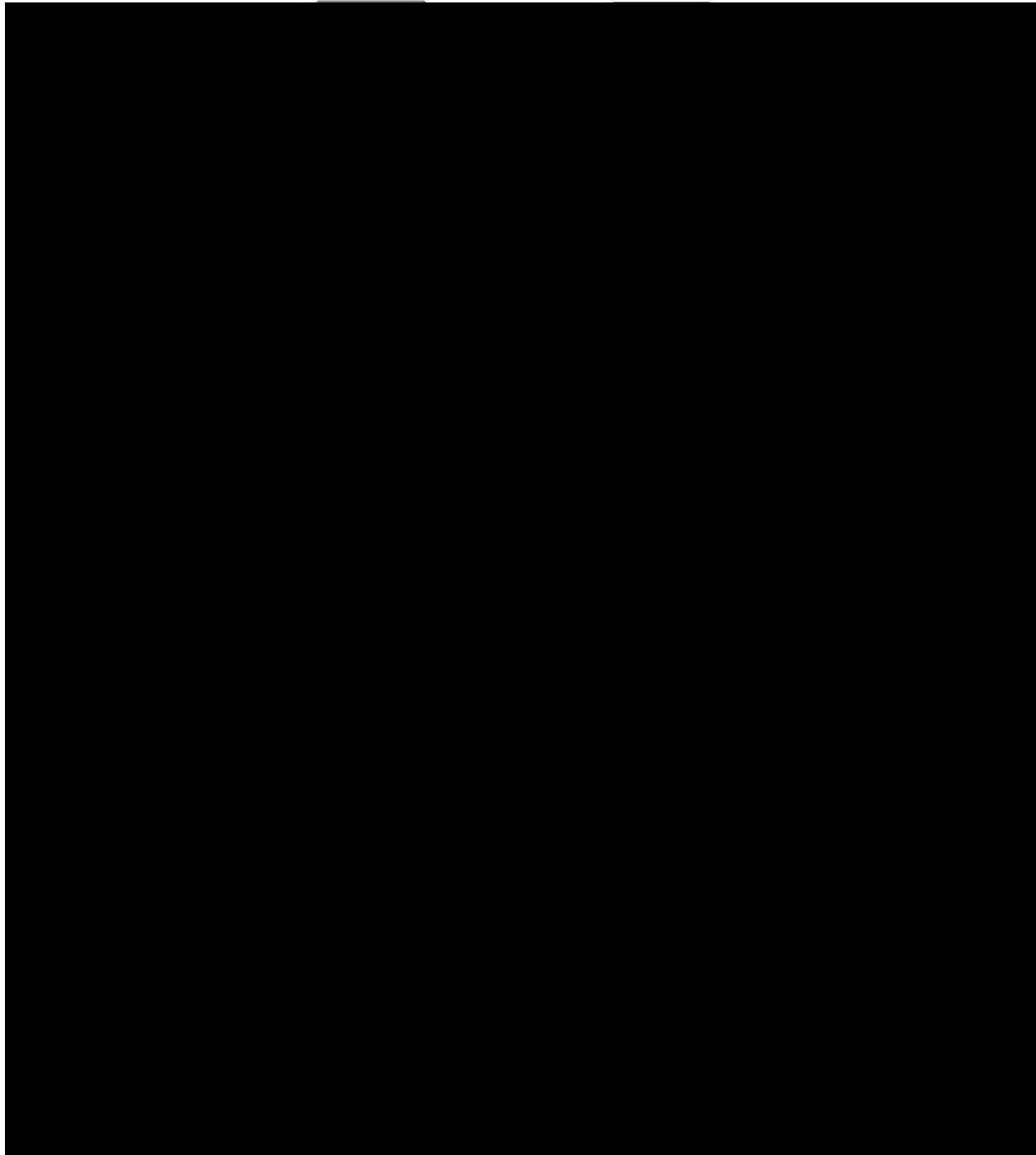
INSTRUÇÕES FABRICAÇÃO

CAPABILIDADE

AGENTE DE FABRICAÇÃO

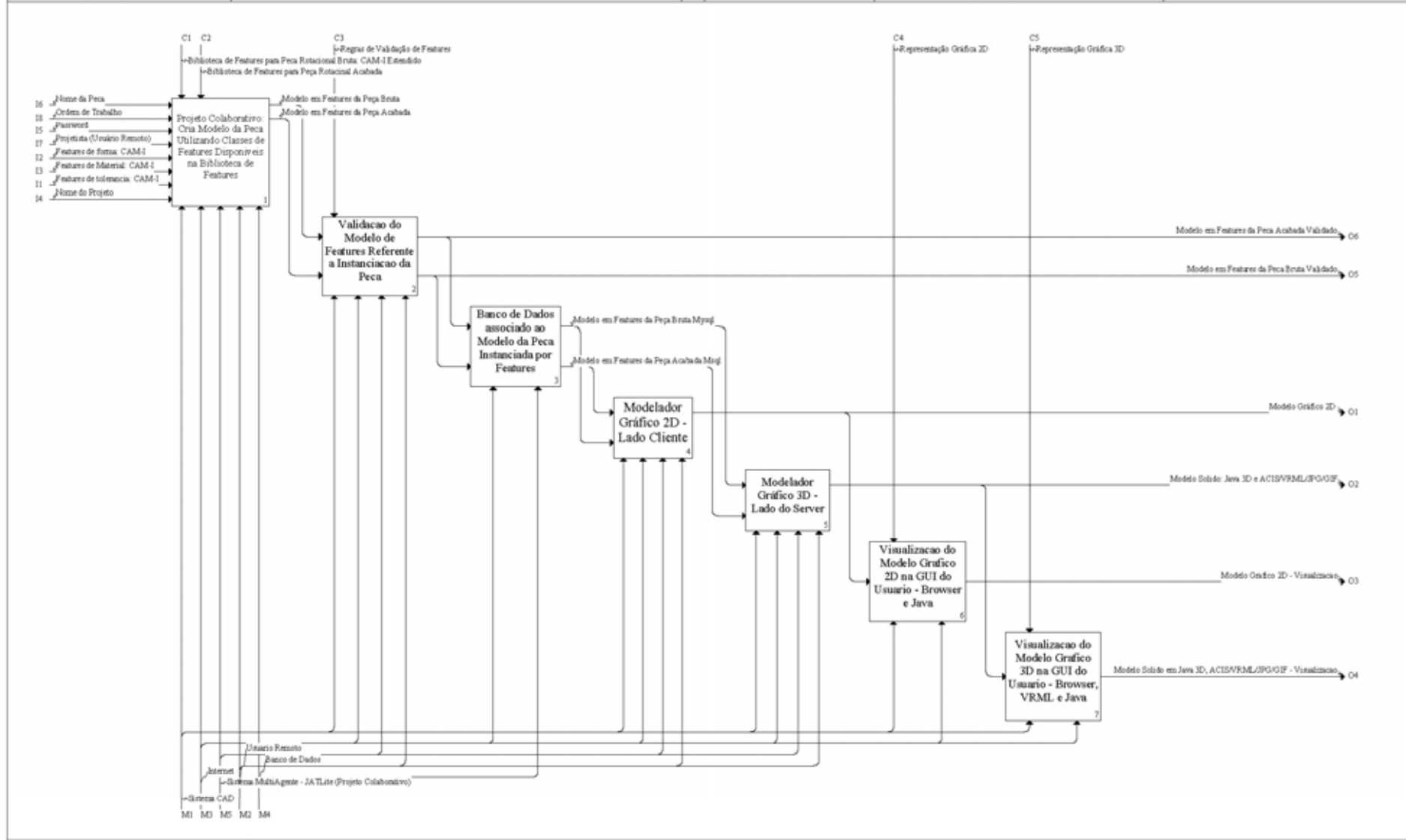
PEÇA





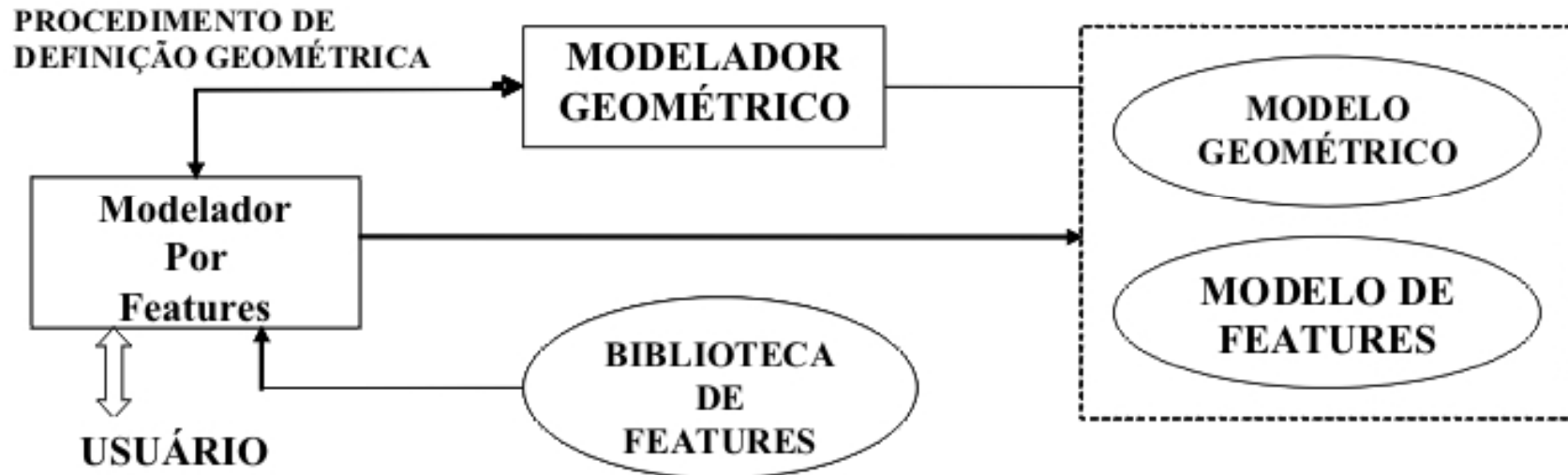
Modelagem IDEF0: WebCADbyFeatures

Used At:	Author: Alberto J. Alvares	Date: 2/3/2003	x Working	READER	DATE	Context:
	Project:	Rev:	Draft			1
	Notes: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Time: 18:33:27	Recommended			
			Publication			A0



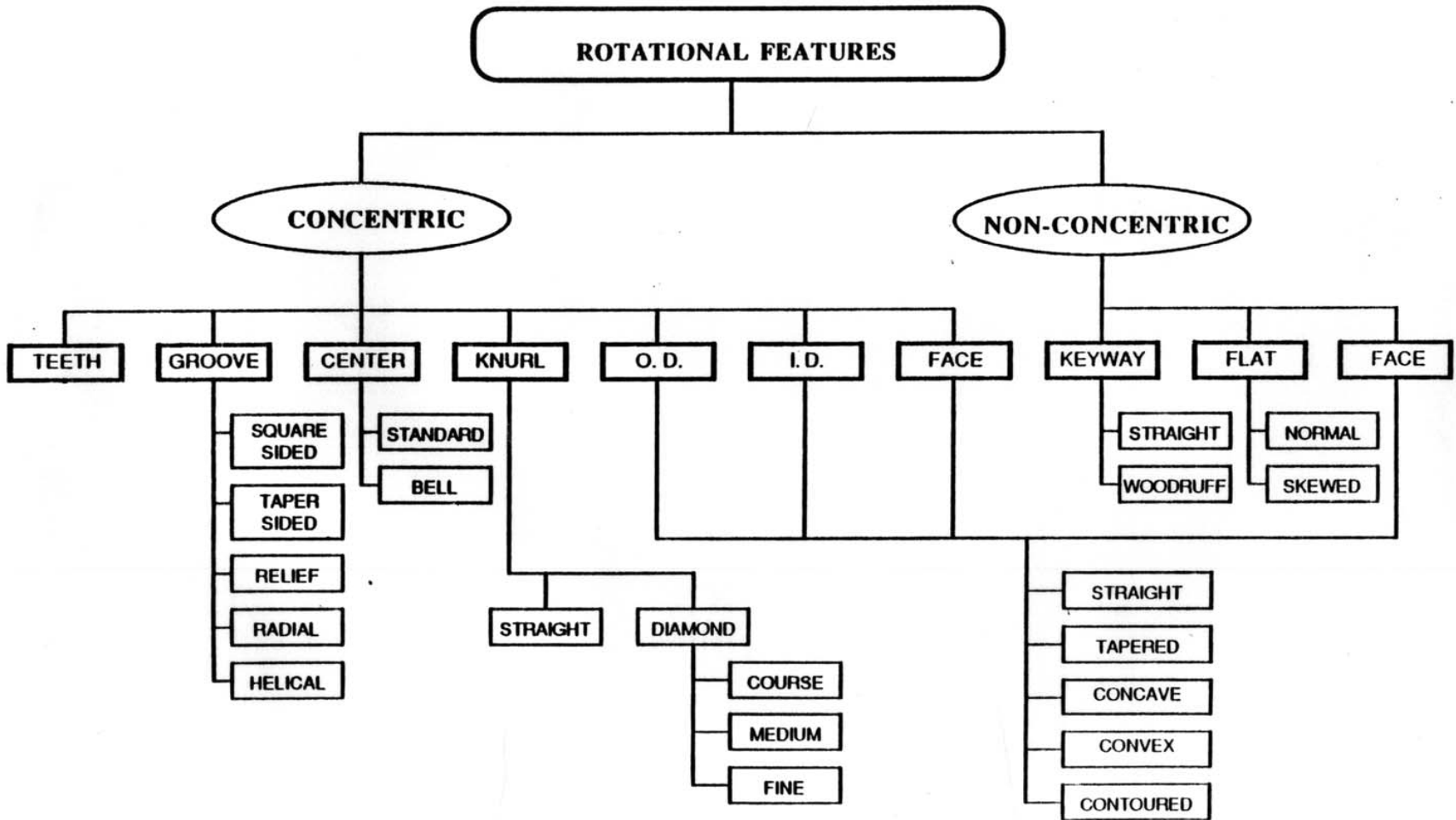
Síntese por Features de Projeto

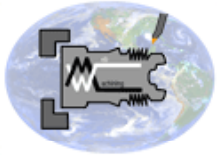
- O usuário interage com o Modelador de *Features* e constrói o Modelo de *Features* (*ISO10303-48: Features de Forma e ISO10303-224: Definição de Produto para Planejamento de Processo*):
 - instanciação de *features* disponibilizadas pela biblioteca de *Features*.
 - Modelador Geométrico cria o Modelo Geométrico da peça a partir do Modelo de *Features*.





ROTATIONAL FEATURE HIERARCHY





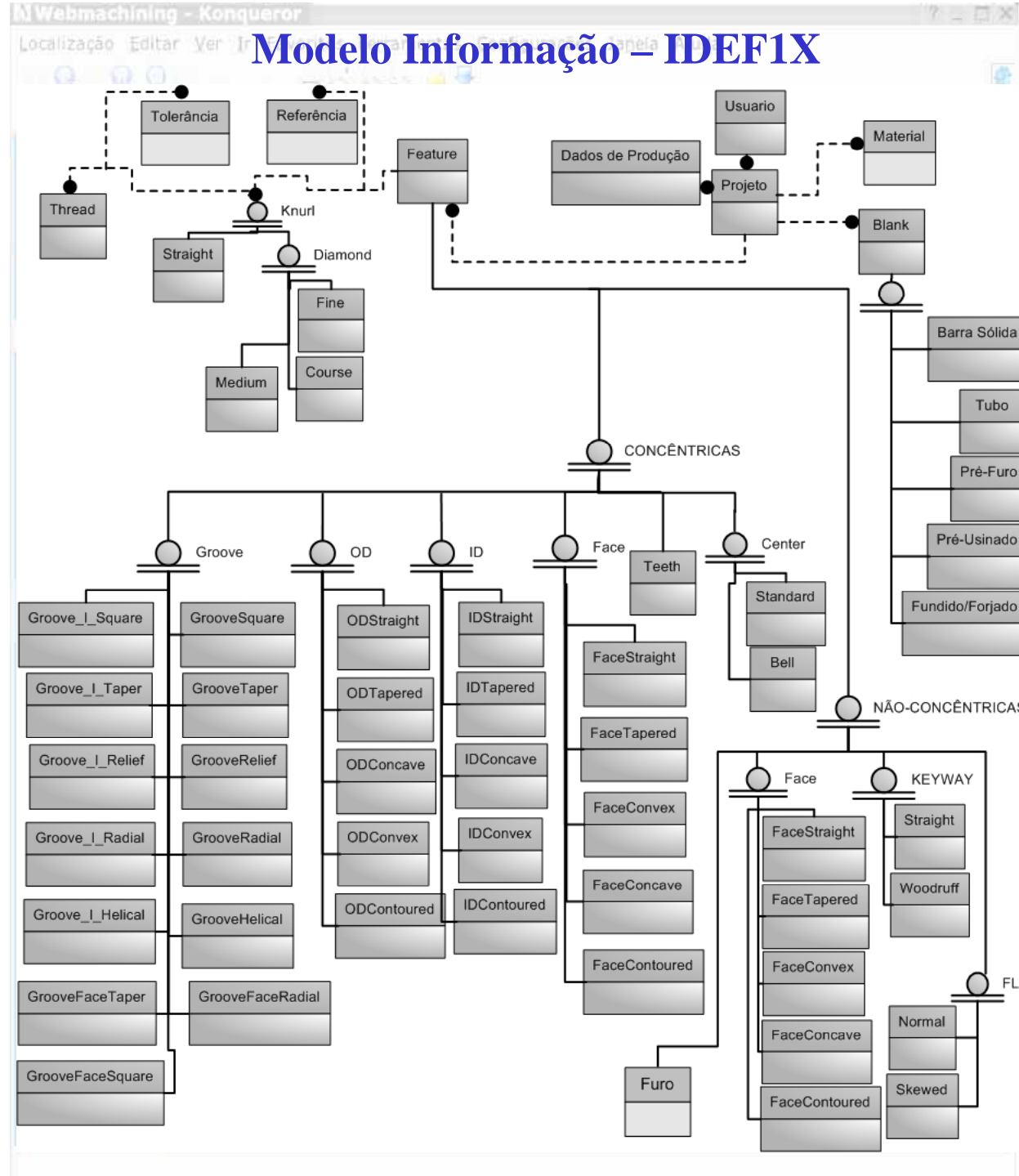
e-manufacturing

Taxonomia de Features - CAMI

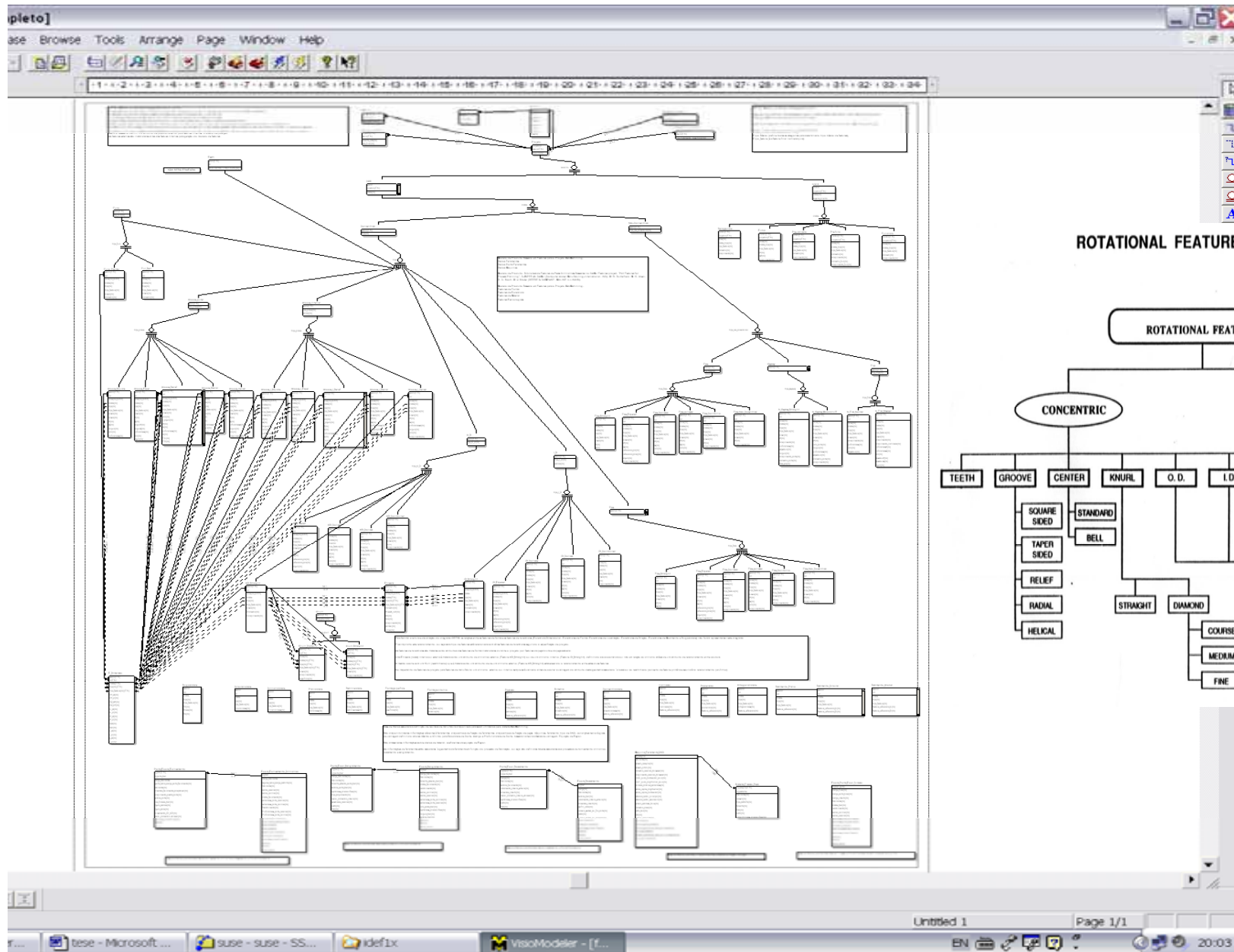


ILLUSTRATION	GROUP			DEFINITION
	S	R	N	
<p>STRAIGHT I.D.</p>	1	1	1	<ul style="list-style-type: none"> • STRAIGHT I.D.: INDICATES A I.D. SEGMENT THAT IS STRAIGHT AND PARALLEL TO THE PART'S AXIS OF ROTATION.
<p>TAPERED I.D.</p>				<ul style="list-style-type: none"> • TAPERED I.D.: INDICATES A I.D. SEGMENT THAT IS STRAIGHT, BUT IS NOT PARALLEL TO THE PART'S AXIS OF ROTATION AND LESS THAN 45 DEGREES FROM THE AXIS OF ROTATION. TAPERED I.D. PIPE THREADS ARE NOT CONSIDERED TO BE TAPERED I.D.'S.
<p>CONCAVE I.D.</p>				<ul style="list-style-type: none"> • CONCAVE I.D.: INDICATES AN I.D. THAT HAS A CIRCULAR CROSS SECTION WHEN TAKEN THROUGH THE AXIS OF ROTATION. THE CIRCULAR CROSS SECTION IS CONCAVE IN RELATION TO THE PART MATERIAL.
<p>CONVEX I.D.</p>				<ul style="list-style-type: none"> • CONVEX I.D.: INDICATES AN I.D. THAT HAS A CIRCULAR CROSS SECTION WHEN TAKEN THROUGH THE AXIS OF ROTATION. THE CIRCULAR CROSS SECTION IS CONVEX IN RELATION TO THE PART MATERIAL.
<p>CONTOURED I.D.</p>				<ul style="list-style-type: none"> • CONTOURED I.D.: INDICATES A I.D. SEGMENT THAT IS NOT STRAIGHT. IT IS A CONTOURED SEGMENT OTHER THAN A CONVEX OR CONCAVE O.D.. A SINGLE CONTOURED SEGMENT WITH A PORTION QUALIFYING AS AN I.D. AND THE REMAINDER AS A FACE IS TO BE COUNTED AS BEING ENTIRELY AN I.D. AND NOT A FACE.

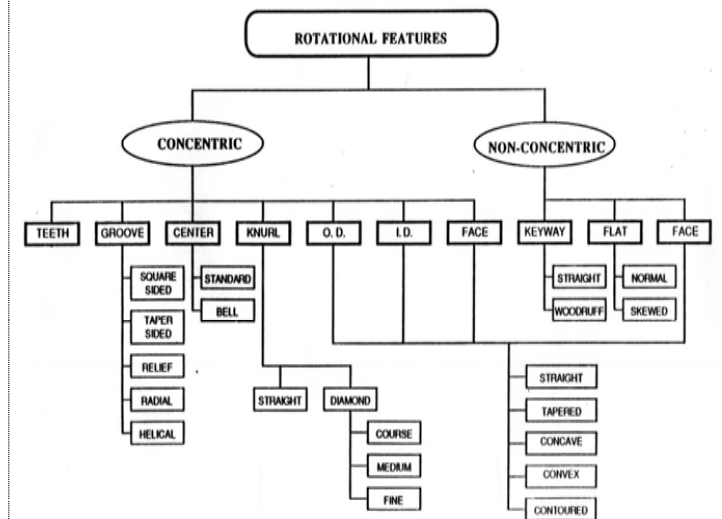
ILLUSTRATION	GROUP			DEFINITION
	S	R	N	
<p>STRAIGHT O.D.</p>	1	1	1	<ul style="list-style-type: none"> • STRAIGHT O.D.: INDICATES A O.D. SEGMENT THAT IS STRAIGHT AND PARALLEL TO THE PART'S AXIS OF ROTATION.
<p>TAPERED O.D.</p>				<ul style="list-style-type: none"> • TAPERED O.D.: INDICATES A O.D. SEGMENT THAT IS STRAIGHT, BUT NOT PARALLEL TO THE PART'S AXIS OF ROTATION AND LESS THAN 45 DEGREES FROM THE AXIS OF ROTATION. TAPERED O.D. PIPE THREADS ARE NOT CONSIDERED TO BE TAPERED O.D.'S.
<p>CONVEX O.D.</p>				<ul style="list-style-type: none"> • CONCAVE O.D.: INDICATES AN O.D. THAT HAS A CIRCULAR CROSS SECTION WHEN TAKEN THROUGH THE AXIS OF ROTATION. THE CIRCULAR CROSS SECTION IS CONCAVE IN RELATION TO THE PART MATERIAL.
<p>CONCAVE O.D.</p>				<ul style="list-style-type: none"> • CONVEX O.D.: INDICATES AN O.D. THAT HAS A CIRCULAR CROSS SECTION WHEN TAKEN THROUGH THE AXIS OF ROTATION. THE CIRCULAR CROSS SECTION IS CONVEX IN RELATION TO THE PART MATERIAL.
<p>CONTOURED O.D.</p>				<ul style="list-style-type: none"> • CONTOURED O.D.: INDICATES AN O.D. SEGMENT THAT IS NOT STRAIGHT. IT IS A CONTOURED SEGMENT OTHER THAN A CONVEX OR CONCAVE O.D.. A SINGLE CONTOURED SEGMENT WITH A PORTION QUALIFYING AS AN O.D. AND THE REMAINDER AS A FACE IS TO BE COUNTED AS BEING ENTIRELY AN O.D. AND NOT A FACE.

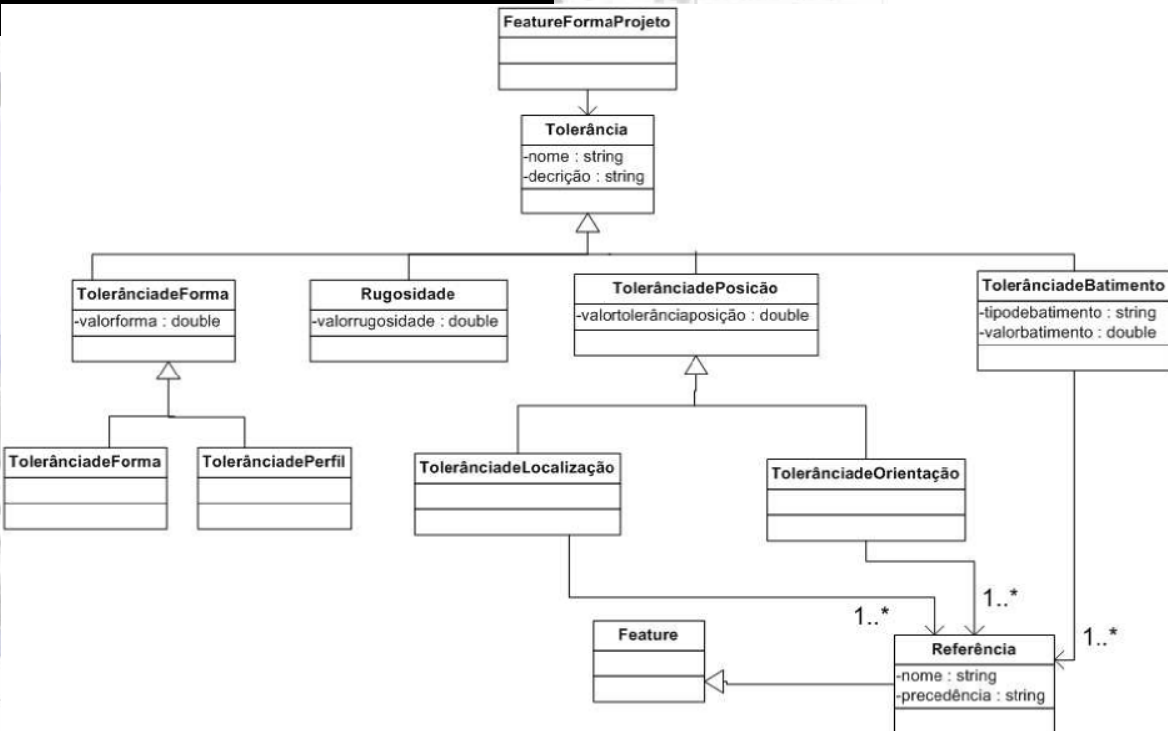
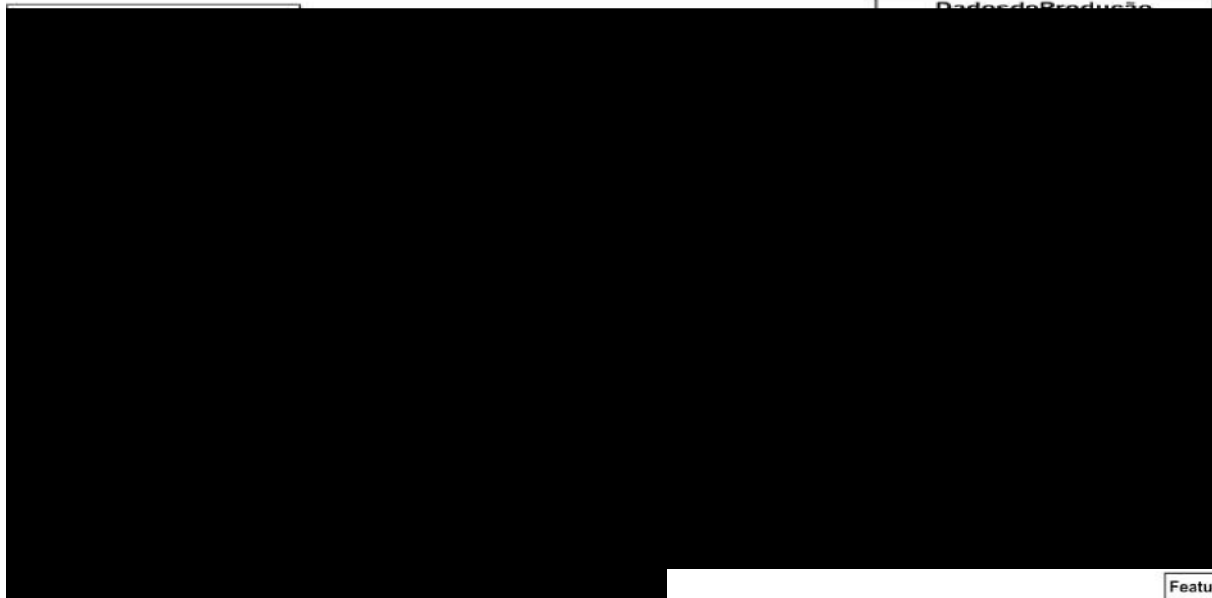


Modelagem IDEF1X – Modelo Conceitual

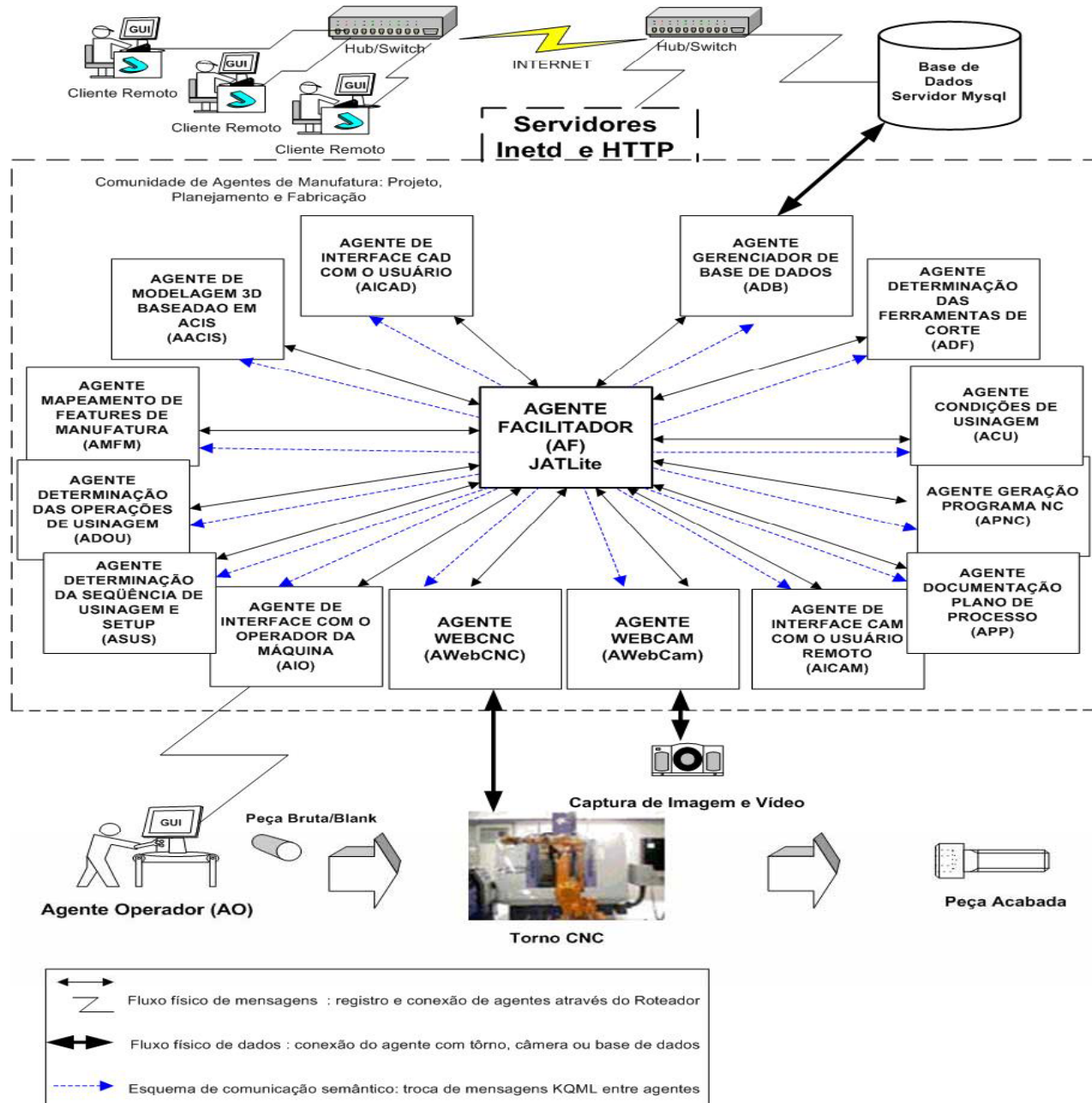


ROTATIONAL FEATURE HIERARCHY



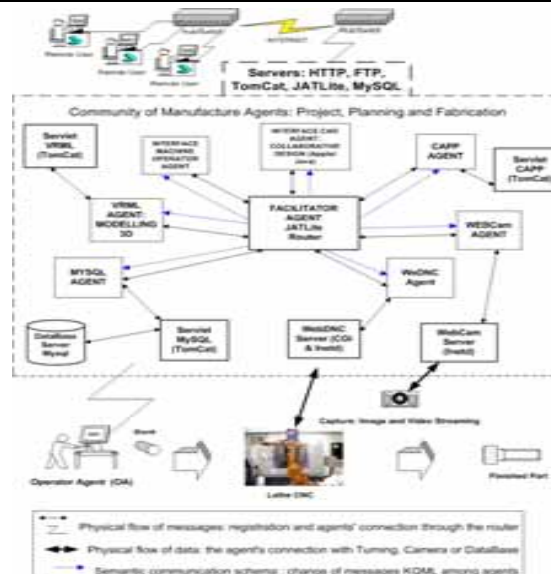


Arquitetura Multiagentes MAC - JATLite



Arquitetura Multiagentes MAC - KQML

Troca de mensagens utilizando KQML	
AgenteA	AgenteB
<i>(ask-all :sender AgenteA</i>	<i>(tell :sender AgentB</i>
<i>:receiver AgentB</i>	<i>:receiver AgenteB</i>
<i>:in-reply-to id0</i>	<i>:in-reply-to id1</i>
<i>:reply-with id1</i>	<i>:reply-with id2</i>
<i>:language Prolog</i>	<i>:language Prolog</i>
<i>:ontology: Features-cilíndrica_interna</i>	<i>:ontology: Features-cilíndrica_interna</i>
<i>:content ``Feature-cilíndrica_interna (X,L)``)</i>	<i>:content "[Feature-cilíndrica_interna (30,40),</i>
	<i>Feature-cilíndrica_interna (76,10)]]"</i>



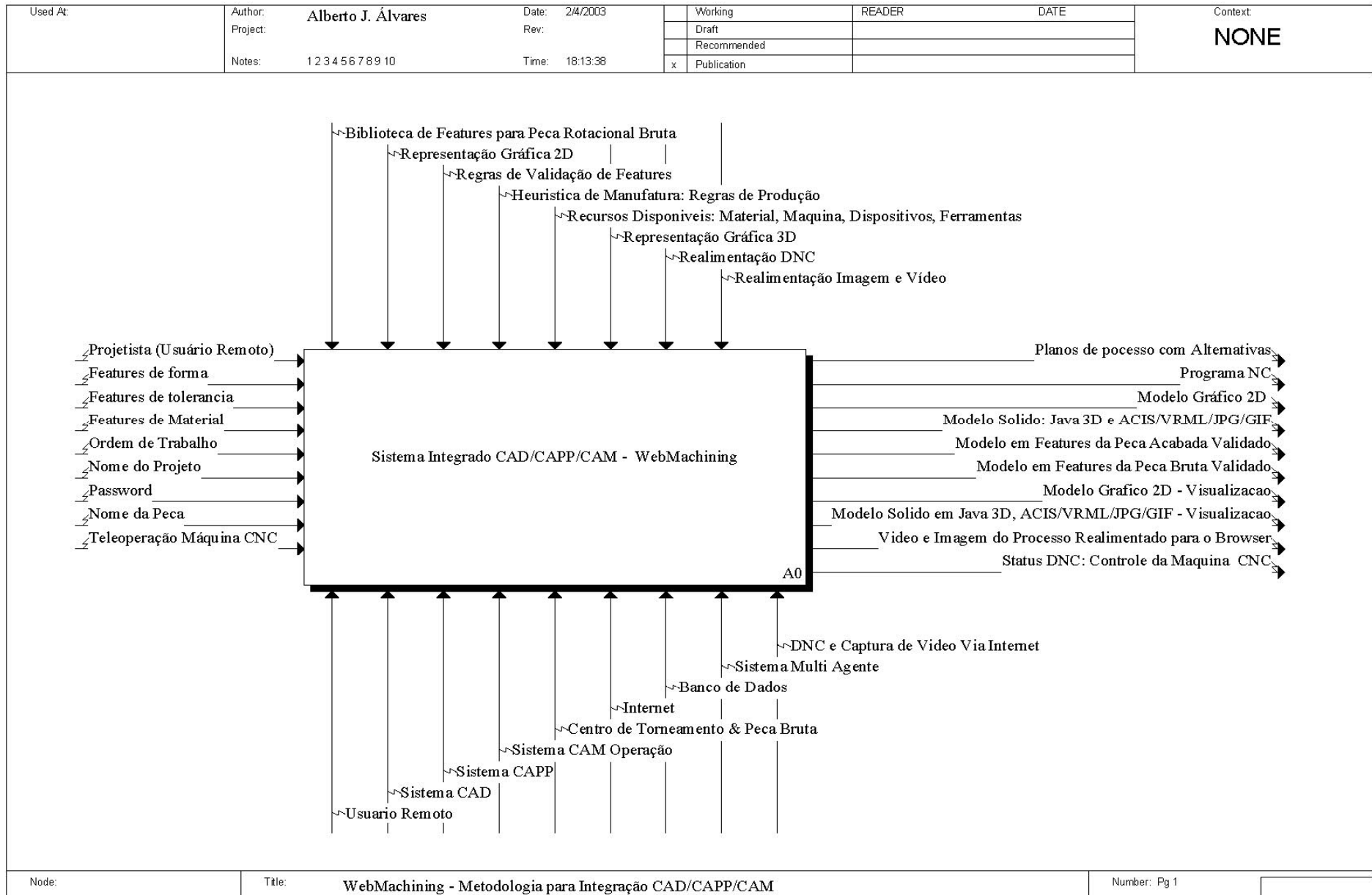
Arquitetura Multiagentes MAC - JATLite

- **AGENTE FACILITADOR (AF):** realiza o gerenciamento da comunicação entre os agentes, administrando o roteamento das mensagens entre os agentes, segurança do sistema e o registro de agentes, por exemplo. É implementado através do *Agent Message Router* da arquitetura JATLite, sendo um agente disponibilizado pelo ambiente JATLite. Deverá haver pelo menos um AF definido na arquitetura. Será necessário mais de um AF em função da quantidade de agentes presentes no sistema, a fim de melhorar a performance do mesmo. O maior gargalo do ambiente de desenvolvimento JATLite é o AMR, pois os agentes sempre se comunicam uns com os outros via AMR. Esta definição será tratada durante a implementação e testes do protótipo a ser desenvolvido.
- **AGENTE GERENCIADOR DE BASE DE DADOS (ADB):** este agente faz a interação com a base de dados Mysql. Qualquer agente que deseja alguma informação disponibilizada pela base de dados (linguagem SQL) faz uma solicitação para o Agente Gerenciador de Base de Dados, e este envia a resposta para o agente que solicitou a informação. O Agente Facilitador realiza o roteamento de mensagens entre estes agentes.
- **AGENTE DE INTEFACE CAD COM O USUÁRIO (AICAD):** a interface gráfica com o usuário (GUI) para projeto por *features* (CAD by *Features*) é implementada através de um *applet* Java. Assim toda GUI executada por um cliente remoto (CAD by *Features*), para definir o modelo de *features* e geométrico da peça bruta e da peça acabada (modelagem do produto), possui um AICAD incorporada à interface. Este agente (AICAD) irá se comunicar com a comunidade de agentes através de uma conexão ao AF, e este fará o roteamento da mensagem para o agente em questão. São enviadas mensagens para os demais módulos do sistema comunicando os dados referentes ao projeto em desenvolvimento (modelo de produto) como: usuário, nome da peça, nome do projeto, entre outros; que permitirá a identificação do modelo de produto que o cliente está elaborando. A conexão com a base de dados Mysql é realizada diretamente via mecanismo PHP, a fim de melhorar o desempenho do sistema, não usando o AGUI para esta finalidade, ou seja, a instanciação da peça por *features* e a consulta à biblioteca de *features*, base de dados, é feita via PHP. A visualização 3D do modelo de produto é gerenciada via AICAD, que se comunica com o agente de modelagem 3D.
- **AGENTE DE MODELAGEM 3D BASEADO EM ACIS (AACIS):** é responsável pela modelagem 3D utilizando o kernel ACIS, transformando o formato .acis em .vrml. Recebe mensagens do AICAD para construção de modelos 3D das peças modeladas por *features*.
- **AGENTE MAPEAMENTO DE FEATURES DE MANUFATURA (AMFM):** realiza o mapeamento de *features* de projeto em *features* de manufatura, no caso, usinagem para operações de torneamento cilíndrico interno e externo, faceamento, furação, rosqueamento, entre outras. Recebe informações do AICAD e consulta a base de dados através do ADB.

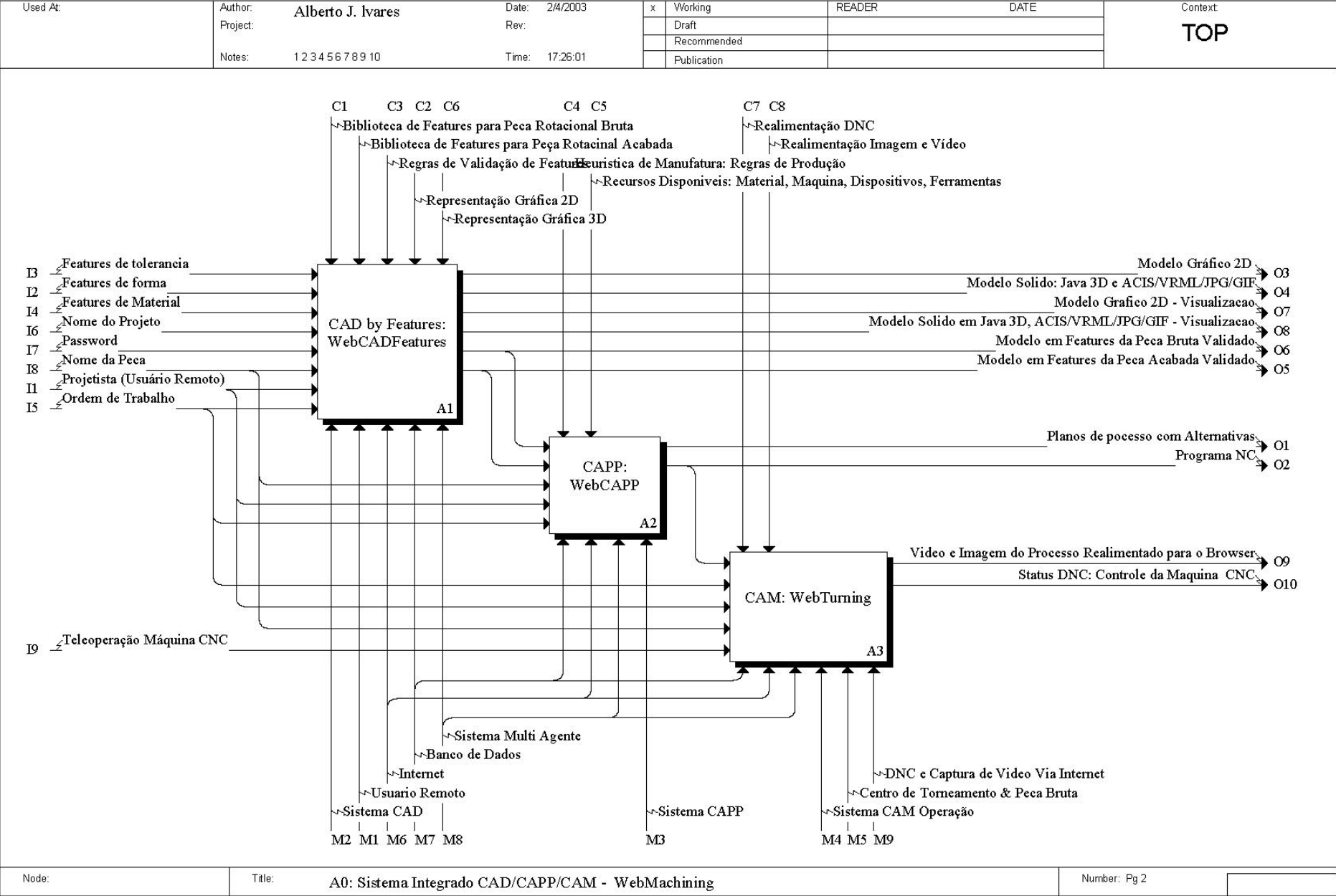
Arquitetura Multiagentes MAC - JATLite

- **AGENTE DETERMINAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE CORTE (ADF):** faz a seleção da ferramenta de corte tendo como entrada as máquinas-ferramenta e as restrições são o tipo de material do par peça/ferramenta, dimensões e geometria das ferramentas, vida da ferramenta, entre outras. Recebe informações do ASUS e consulta a base de dados através do ADB.
- **AGENTE CONDIÇÕES DE USINAGEM (ACU):** determina as condições de corte tendo como entrada os parâmetros das ferramentas e material e as restrições são os critérios utilizados como vida de ferramenta, econômicos, potência da máquina, capacidade da máquina, entre outros. Recebe informações do ADF e consulta a base de dados através do ADB.
- **AGENTE GERAÇÃO PROGRAMA NC (APNC):** determina a trajetória das ferramentas tendo como entrada o modelo do produto baseado em *features* e as restrições baseada nas próprias *features* e eixos de deslocamento das ferramentas para evitar colisões, gerando ao final do processo o programa NC para a máquina-ferramenta a ser utilizada. Recebe informações do AUSUS, ADF e do ADB.
- **AGENTE DOCUMENTAÇÃO PLANO DE PROCESSO (APP):** monta o documento referente ao plano de processo incluindo informações de planos alternativos e de estimativa de custos. Comunica-se com os demais agentes de planejamento de processo e ADB.
- **AGENTE DE INTERFACE CAM COM O USUÁRIO REMOTO (AICAM):** toda GUI associada ao CAM, executada por um cliente remoto e utilizada para fazer a teleoperação da máquina-ferramenta CNC, possui um AICAM incorporada à interface. Este agente (AICAM) irá se comunicar com a comunidade de agentes através de uma conexão ao AF, fazendo o roteamento da mensagem para o agente em questão.
- **AGENTE WEBCAM (AWebCam):** é responsável pela captura de vídeo e imagem do sistema de teleoperação, enviando as imagens capturadas diretamente para a GUI associada ao CAM. Recebe mensagens do AF referente à identificação do usuário, *login* e senha, para permitir a execução do servidor WebCAM.
- **AGENTE WEBCNC (AWebCNC):** é responsável pelo controle local da máquina CNC, recebendo comandos e enviado o status da máquina para a GUI associada ao CAM. Recebe mensagens do AF referente à identificação do usuário, *login* e senha, nome do arquivo com o programa NC e dados de planejamento do processo (fixação, ferramentas e peça bruta), informando para o Agente Operador da máquina, realizando a interação com o operador local da máquina.
- **AGENTE INTERFACE COM O OPERADOR DA MÁQUINA (AIO):** esta interface gráfica (GUI) instrui o operador no chão-de-fábrica, sendo implementada através de um *applet* Java. Este agente de interface com o operador (AIO) dá as instruções para o operador sobre fixação da peça bruta, *setup* de

Modelagem IDEF0

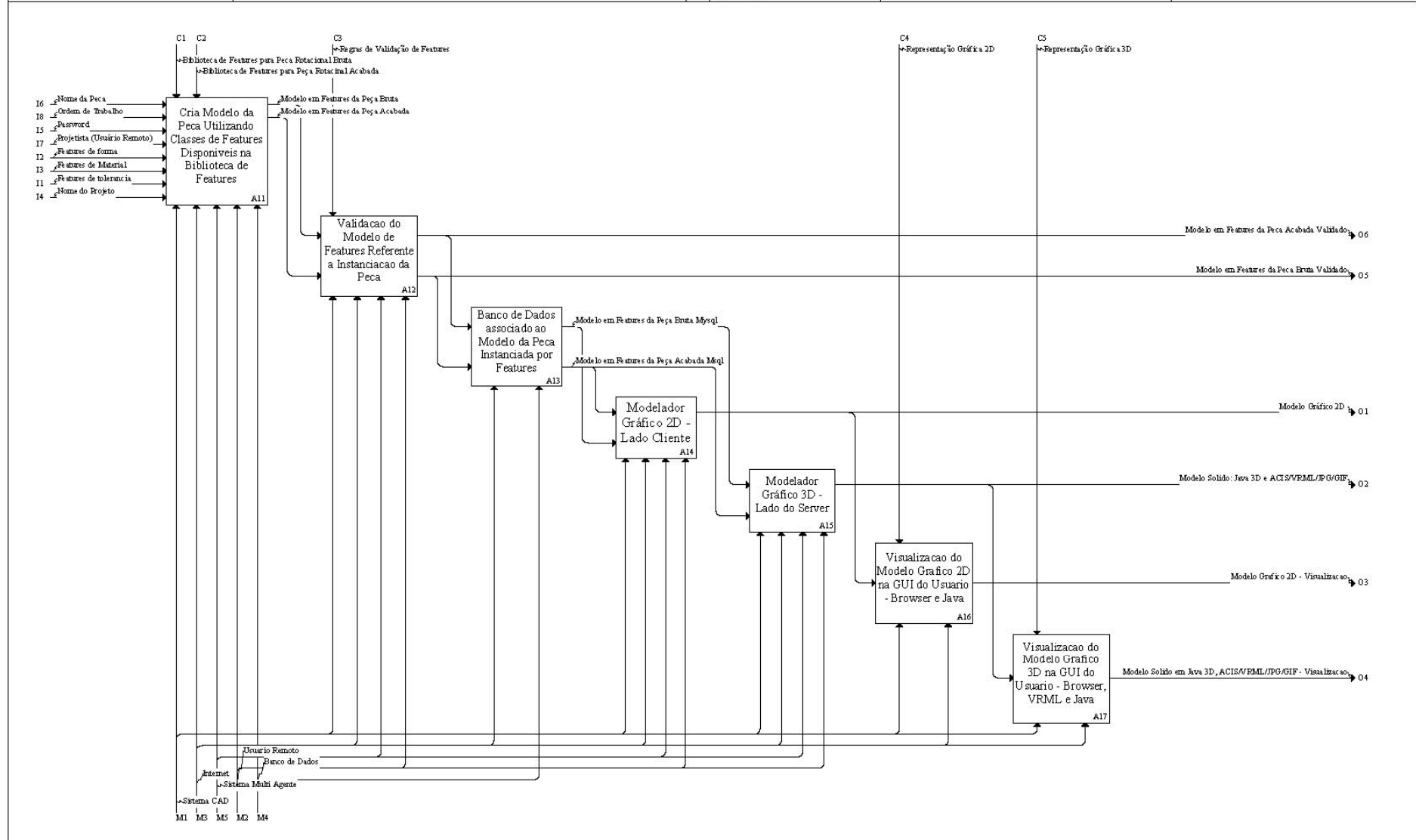


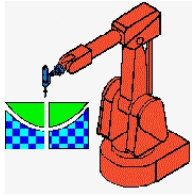
Modelagem IDEF0



Modelagem IDEF0

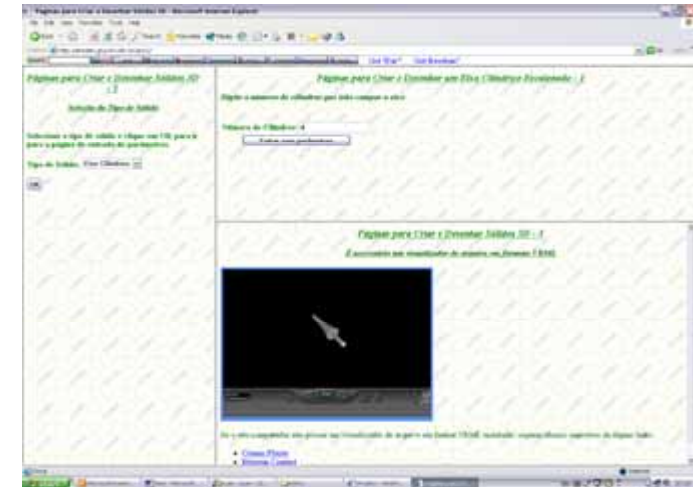
Used At:	Author: Alberto J. Alvares	Date: 2/3/2003	x	Working	READER	DATE	Context 1
	Project:	Rev:		Draft			
	Notes: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Time: 18:33:27		Recommended			
				Publication			



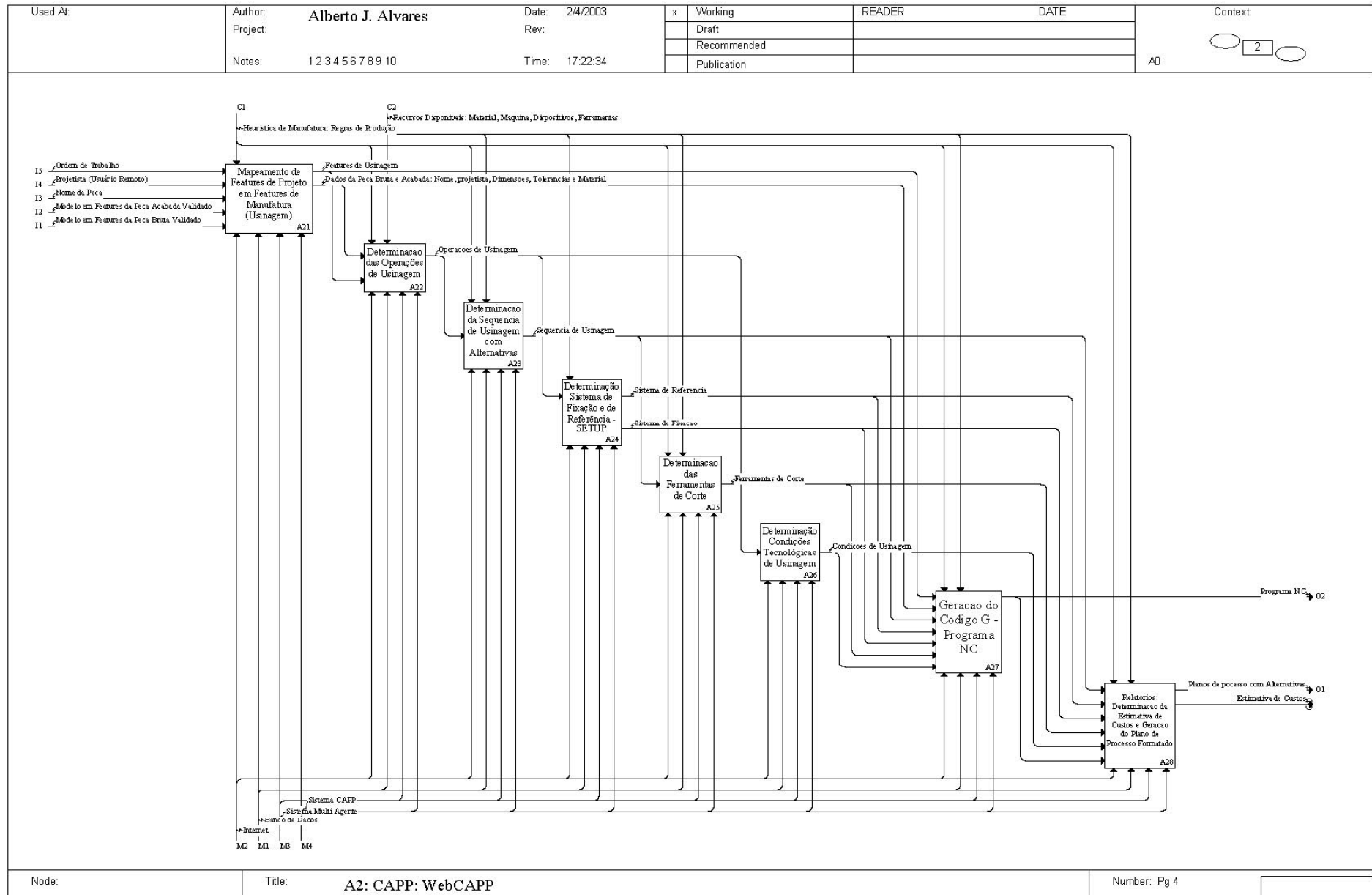


GUI – Projeto por Features

GUI	
	SISTEMA BASEADO EM FEATURES
	KERNEL ACIS, CONVERSÃO .SAT => .VRML, .JPG, .GIF
	INTERFACE GRÁFICA JAVA 2D E VISUALIZAÇÃO
	VISUALIZAÇÃO JAVA 3D
	VISUALIZAÇÃO VRML – MODELO 3D ACIS
	VISUALIZAÇÃO VÍDEOS/IMAGENS CHÃO DE FÁBRICA
	SOCKETS TCP/IP E APPLETS JAVA
BROWSER: NETSCAPE, PLUGINS JAVA E VRML	



Modelagem IDEF0



Node:

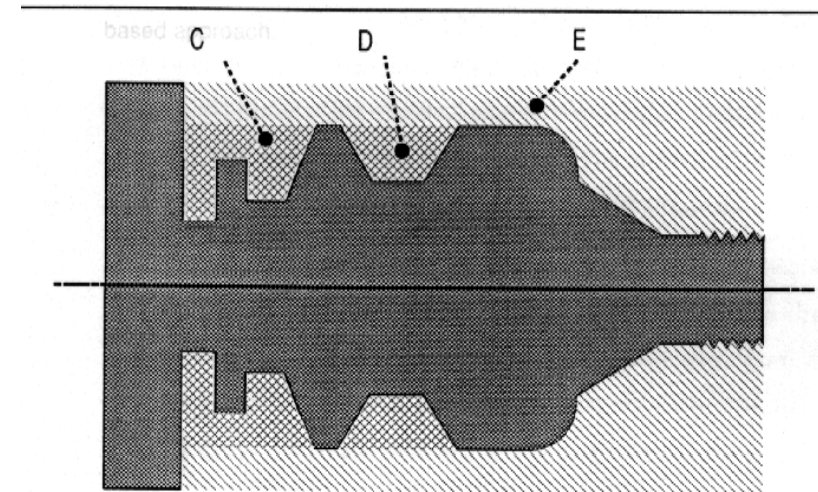
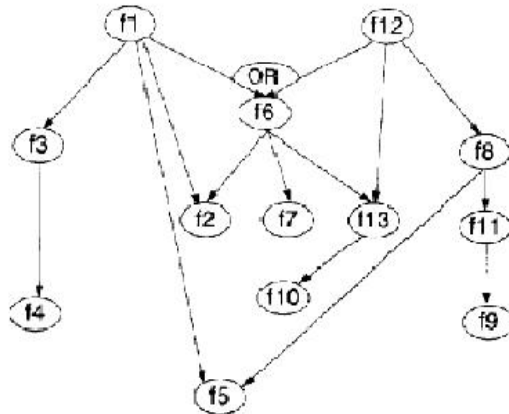
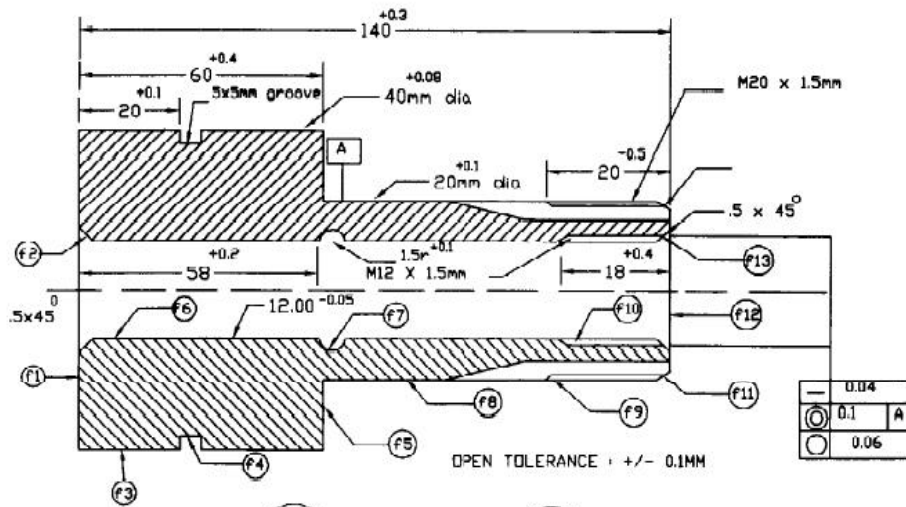
Title: **A2: CAPP: WebCAPP**

Number: Pg 4



Gráfico de Precedência de Features

Relacionamento de Features

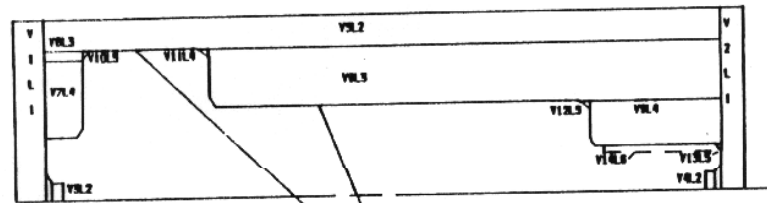
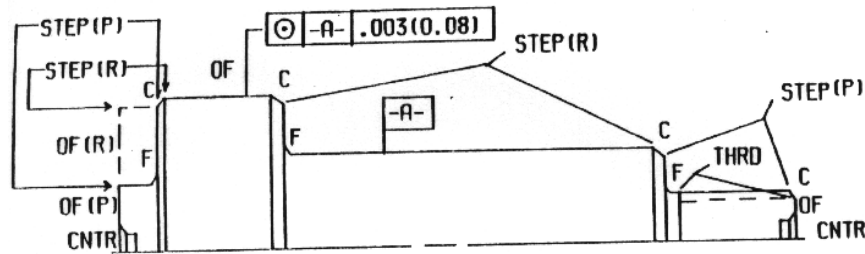


-> C and D are SISTERS and DAUGHTERS of E
i.e. region E must be machined before C and D



Gráfico de Precedência de Features

Relacionamento de Features



VOLUME CUT PRECEDENCE CONSTRAINTS

LEVEL 1
LEVEL 2
LEVEL 3
LEVEL 4
LEVEL 5
LEVEL 6



RELATION OF CONCENTRICITY TOLERANCE BETWEEN OUTER DIAMETERS CUT IN VOLUME

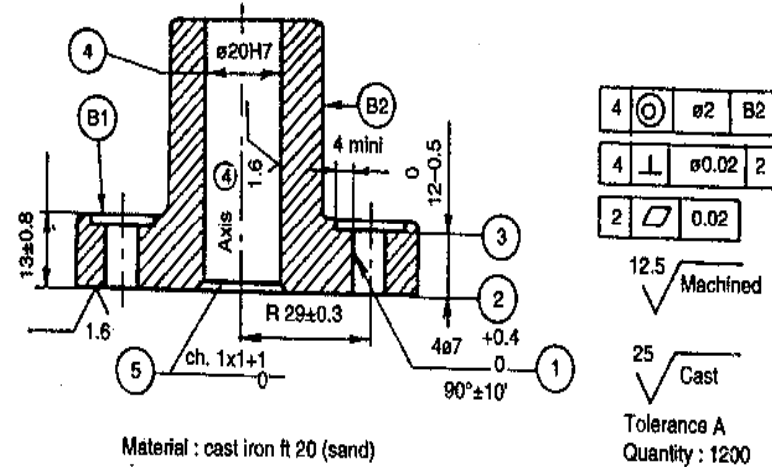
V1.3 - DITON -A-

V1.2 - CONCENTRIC FACE WITH TIGHT .003 TOLERANCE

MANUFACTURING RULES (EXAMPLE ONLY) -

1.1 LEAVE INT'L FOR FINISH CUTS

2.1 FINISH CUT WITH SIDE TOOL



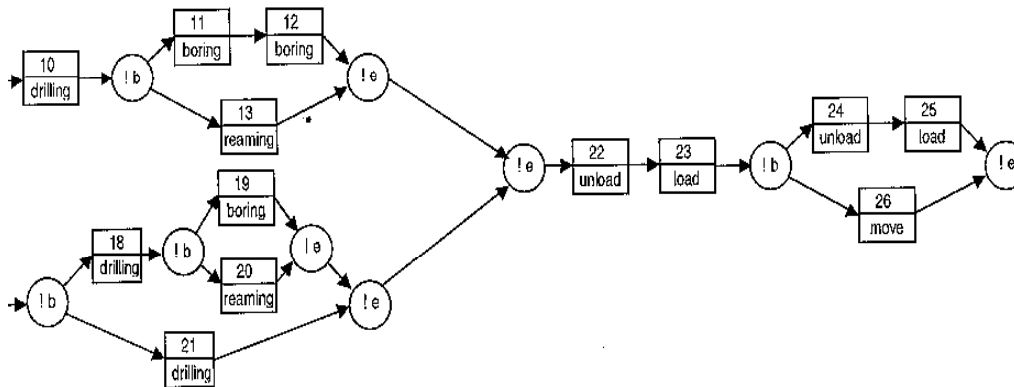
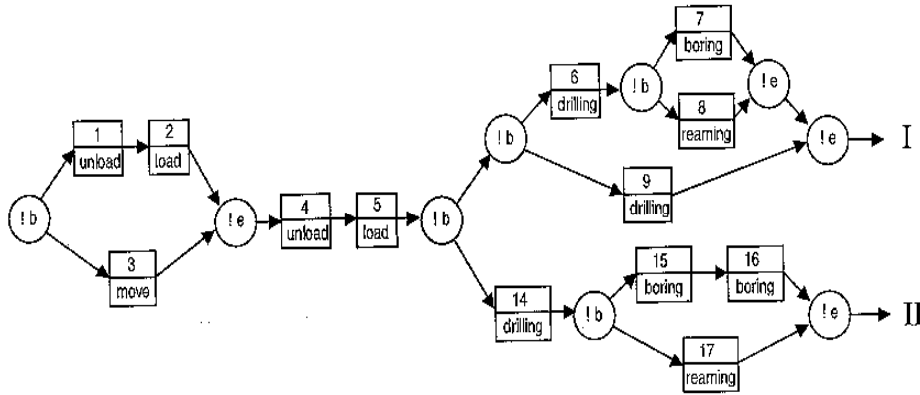
Operations	Anteriorities			
	Dimensional	Geometr.	Technol.	Economical
1F 2R	4F	2F	orthogonal	4½F economy of machining
2F 3F 4R	B1 2F	1F	2R	
4½F 4F		B2 ⊙ 2F ⊥	4R 4½F	2F, protection of tool 5F, no burrs 4½F economy of machining
5F	2F		5F	

F = finish. R = rough.
Source: Karr, J., *Methodes et Analyses de fabrication Mecanique*, published by Dunod, Bordas, Paris, 1979.



Plano de Processo Não Linear Geometria Intermediária

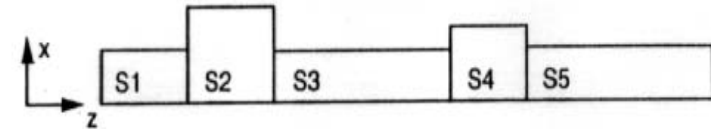
GRACO
GRIMA



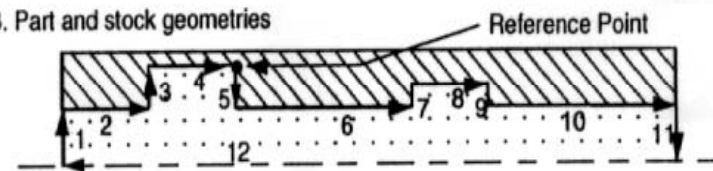
Process plan string:

((((1 2 *) 3 I) 4 5 (((6 (7 8 I) *) 9 I) (11 12 *) 13 I) (14 ((15 16 *) 17 I) ((18 (19 20 I) *) 21 I) *) I) 22 23 ((24 25 *) 26 I) *)

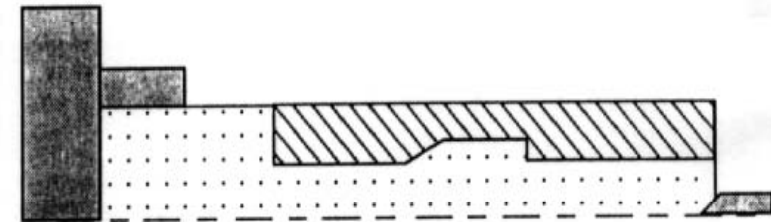
A. Feature model of a part consisting of segments



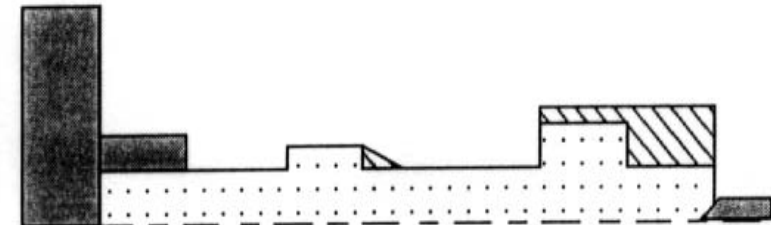
B. Part and stock geometries



C. Setup 1



D. Setup 2

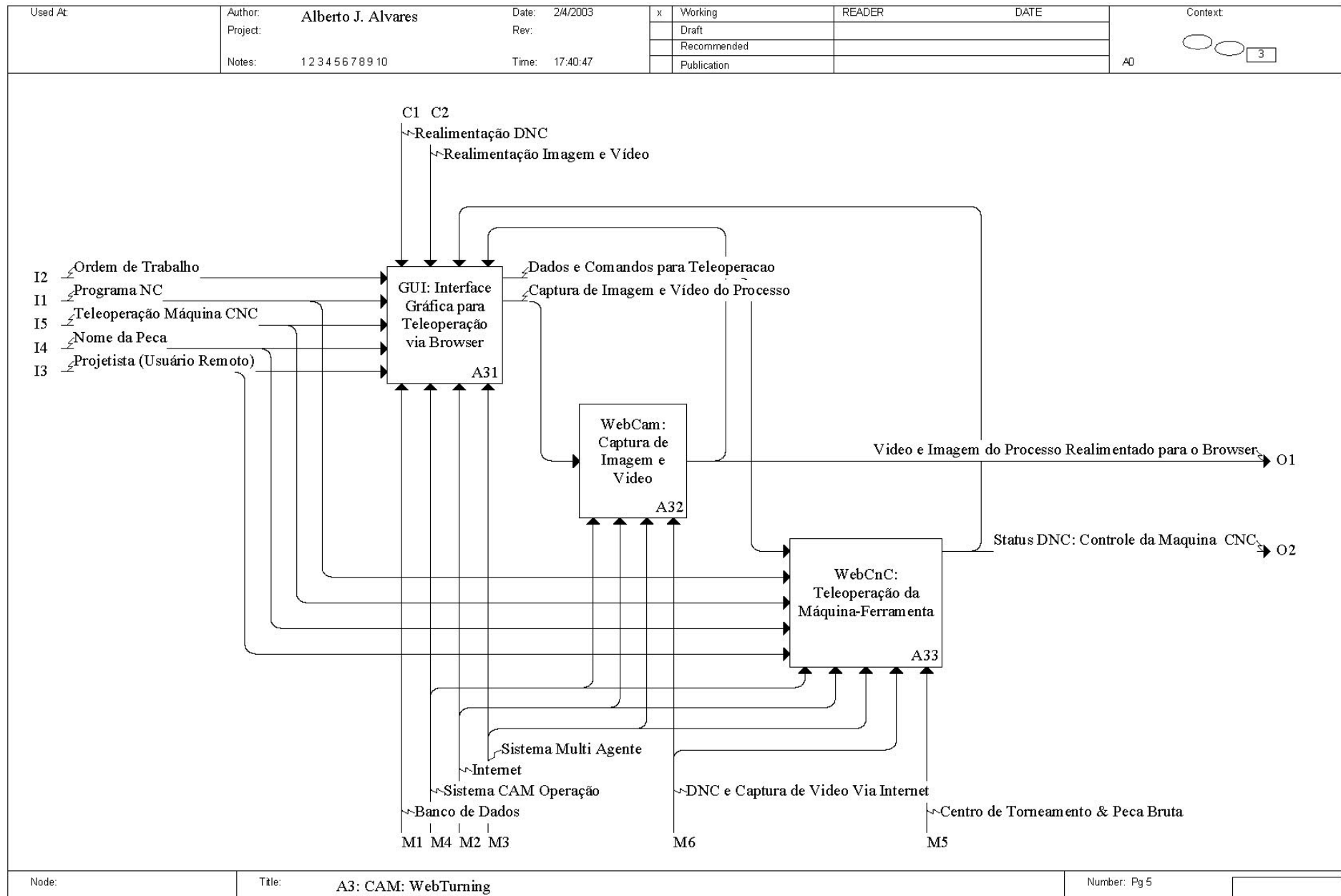


Geometry to Be Removed

Part Geometry

Fixturing Element Geometry

Modelagem IDEF0



Modelagem IDEF1X – Modelo Físico - MySQL

The screenshot displays the MySQL Control Center interface, showing a physical data model for MySQL. The main window is titled "suse - X-Win32" and contains several panes:

- Table Structure Editor:** Shows the structure of the "od_straight" table. The fields are:

Field	Type	Null	Key	Default	Extra
pecaid	int(11)		PRI		0
od_straightid	int(11)		PRI		0
projeto	int(11)				0
knurl_straightid	varchar(10)				
batimento_circu	int(11)	YES			
rugosidade_id	int(11)	YES			
circularidadeid	int(11)	YES			
batimento_plan	int(11)	YES			
knurl_diamond	int(11)				0
t_dimensionalid	int(11)	YES			
threadsid	varchar(10)				

- Data Table:** Shows the data for the "od_straight" table. The columns are: idade_id, circularidadeid, batimento_plar, knurl_diamond, t_dimensionalid, threadsid, batimento_glot, concentricidad, cilindridadeid. The data is as follows:

idade_id	circularidadeid	batimento_plar	knurl_diamond	t_dimensionalid	threadsid	batimento_glot	concentricidad	cilindridadeid
1	7	17	2	5	10		19	11
2	1	14	15	16	7		5	10
3	4	16	6	18	8		6	15
4	5	3	3	5	5		17	15
5	14	13	8	16	11		15	7
6	16	3	10	1	3		0	1
7	6	18	8	11	7		10	14
8	18	10	1	10	18		17	10
9	15	14	12	14	16		3	15
10	18	2	7	2	12		16	7
11	0	15	2	12	4		6	6
12	13	15	5	1	3		2	9
13	4	5	6	2	18		0	10
14	10	18	2	9	0		7	17
15	8	1	4	2	18		2	6
16	13	3	14	17	18		16	13
17	13	2	15	14	19		17	10
18	4	18	2	8	1		15	11
19	11	12	8	6	12		12	9

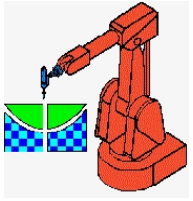
- Column List:** Shows the columns of the table, including: batiment..., batiment..., batiment..., cilindric..., circularid..., comprim..., concentri..., d1, knurl_dia..., knurl_str..., nome, od_strai..., ordem, pecaId, projetoId, rugosida..., t_dimensi..., threadsid.

The interface also shows a console manager at the top, a message pane at the bottom with the error "Could not load Syntax File: '/home/alvares/syntax.txt'", and a taskbar at the bottom with the system clock showing 11:06 on 03-04-2003.



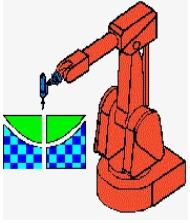
Plano de Trabalho

1. Testes do protocolo de comunicação DNC2 no torno Romi com suporte da Romi.
2. Detalhamento dos modelos IDEF0 e IDEF1X.
3. Implementação, testes e validação da Base de Dados Mysql.
4. Especificação detalhada do módulo CAD.
5. Especificação detalhada do módulo CAPP.
6. Especificação detalhada do módulo CAM.
7. Estudo das linguagens de programação C, C++, Java, SQL, PHP, CLIPS, Jess voltada para o problema.
8. Estudo do *Kernel* ACIS para modelagem sólida voltado para o problema.
9. Estudo KQML.
10. Estruturação dos programas computacionais, IDEF0, fluxogramas e linguagem natural, dos diversos módulos do sistema.
11. Programação do módulo CAD.
12. Programação do módulo CAPP.
13. Programação do módulo CAM.
14. Implementação do sistema computacional de forma integrada.
15. Testes e validação.
16. Documentação.
17. Elaboração Documento da Tese.
18. Defesa da Tese.



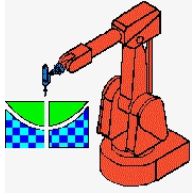
OBJETIVO

- Características WebMachining
 - Disponibilização sistema CAD/CAPP/CAM via Internet/Web:
 - Modelagem colaborativa: WebCADbyFeatures
 - Planejamento de Processos: WebCAPP
 - Fabricação: WebCAM
 - Plano de proceso linearizado: estrutura de dados baseada em STEP-NC (ISO 14649 - Part 12).
 - Geração programa NC para um centro torneamento Galaxy 15M Romi.



Motivação da Proposta

- Contribuição para a concepção de um novo paradigma para desenvolvimento de produto via Web/Internet e novos métodos para integração CAD, CAPP e CAM.
- Associada à importância e a evolução tecnológica da Internet e da Tecnologia da Informação e seu impacto na Manufatura: *e-Manufacturing (e-mft)* e *e-work* em um contexto de TeleManufatura (Laboratórios Remotos).

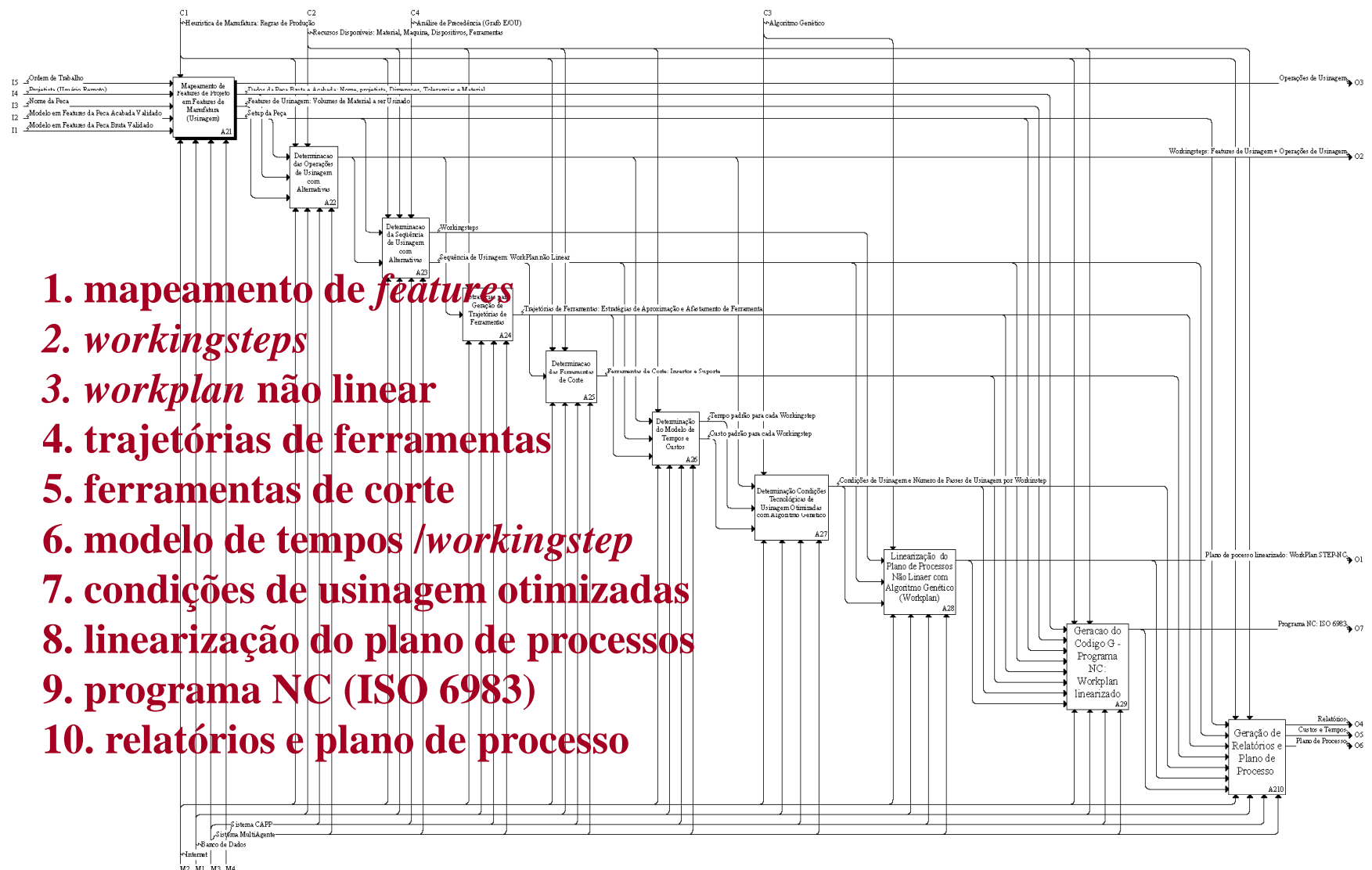


Metodologia WebMachining

- Proposição de uma nova metodologia de integração CAD/CAPP/CAM voltada para manufatura remota de peças rotacionais, centrada em rede e globalizada:
 - utilizando a Internet/Web;
 - disponibilização das funções CAD/CAPP/CAM Via Web,
 - usuário remoto: modelagem de uma peça rotacional baseada em features, geração do planejamento do processo com alternativas e fabricação da peça em um torno CNC.

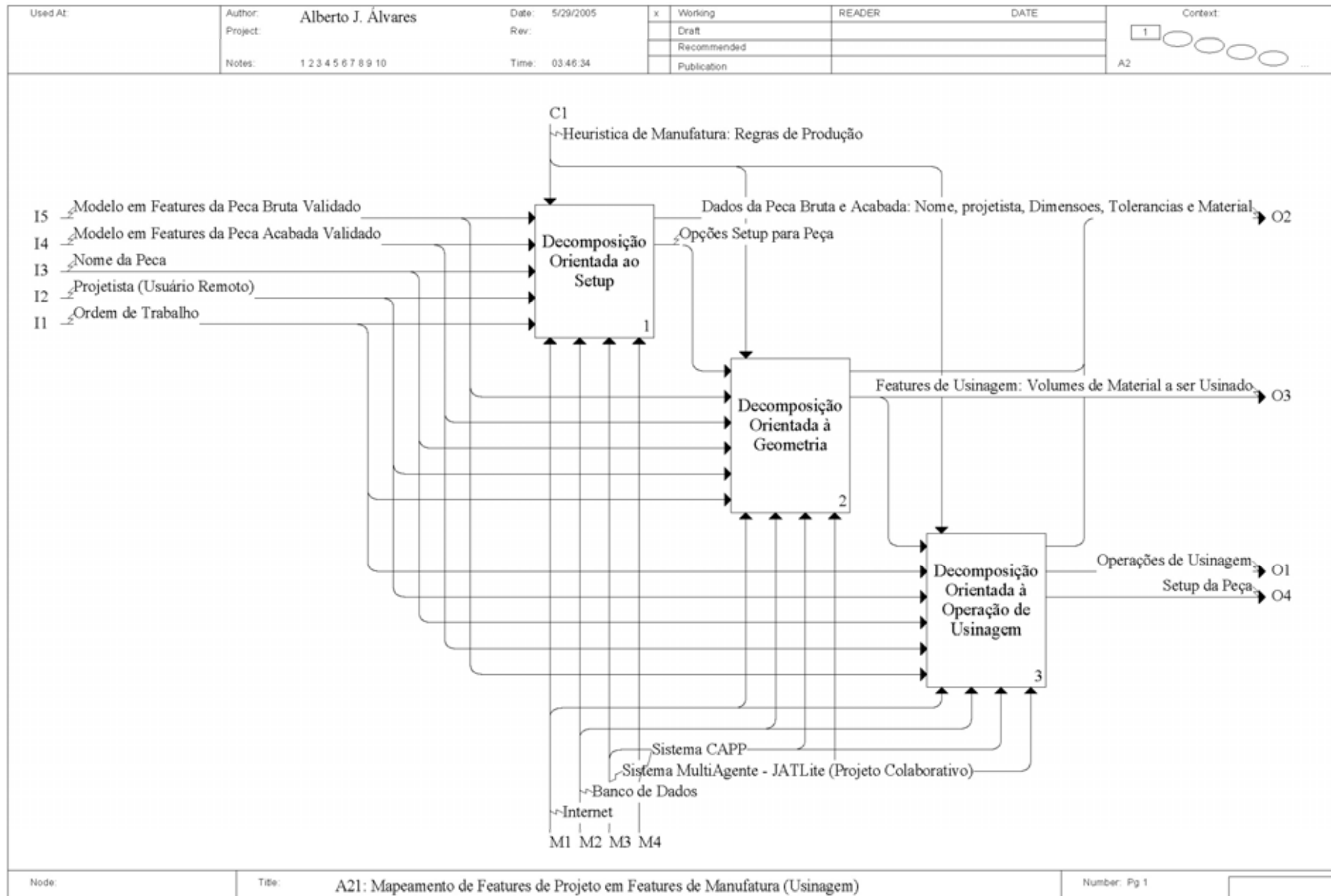
Modelagem IDEF0: WebCAPP

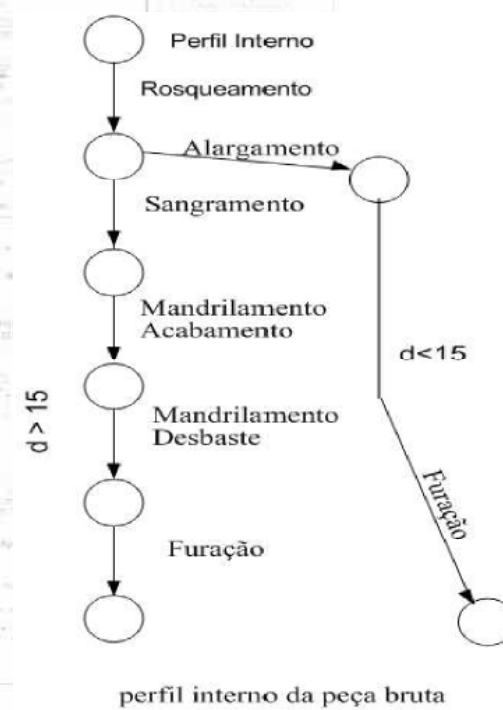
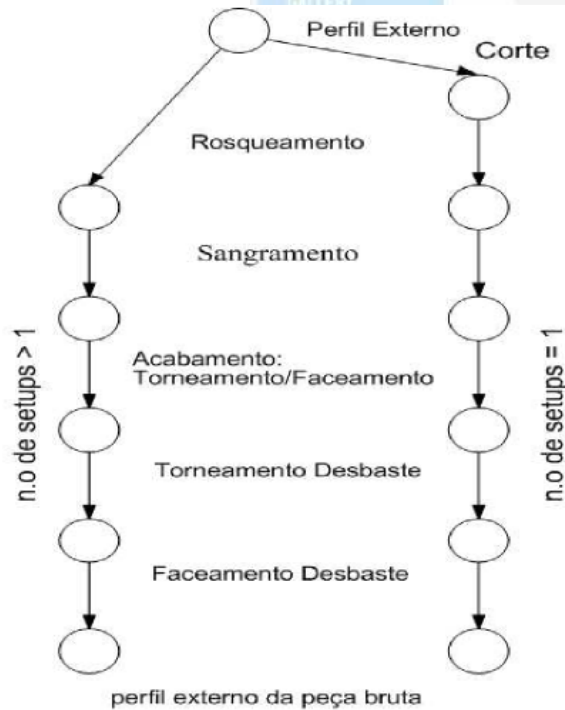
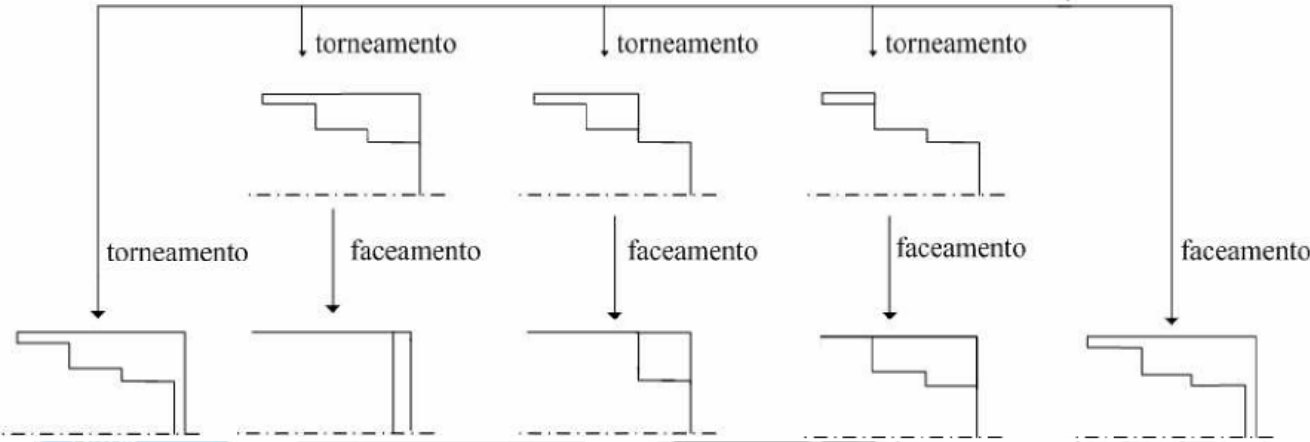
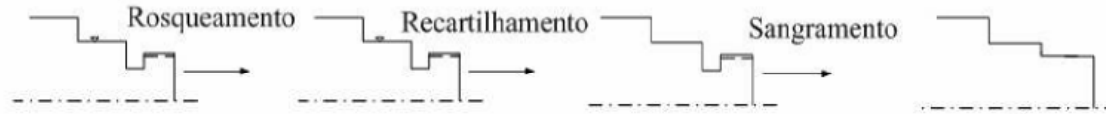
Used At:	Author: Alberto J. Alvares	Date: 2/25/2004	x Working	READER	DATE	Context:
	Project:	Rev:	Draft			2
	Notes: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Time: 12:38:13	Recommended			A0
			Publication			



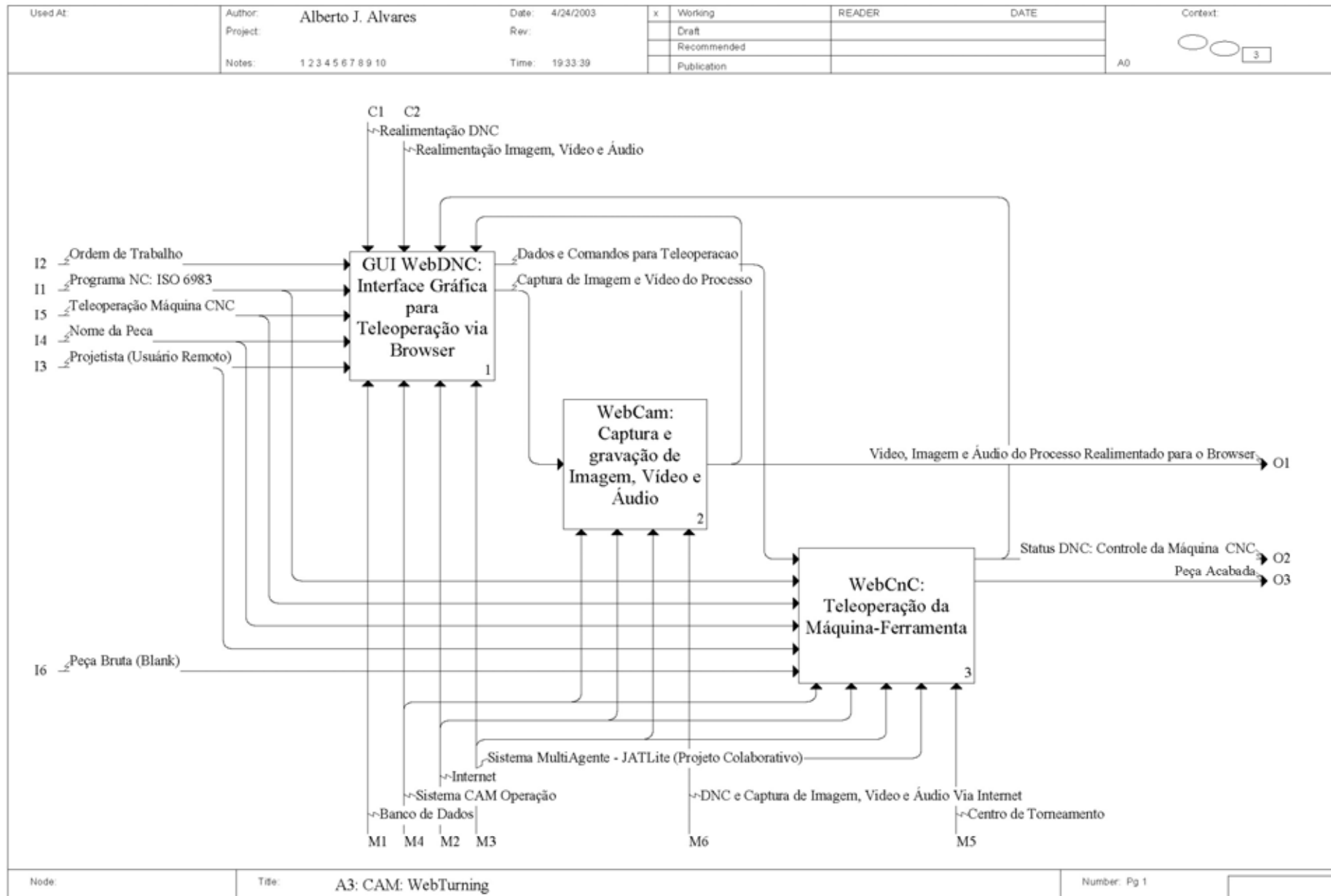
1. mapeamento de *features*
2. *workingsteps*
3. *workplan* não linear
4. trajetórias de ferramentas
5. ferramentas de corte
6. modelo de tempos /*workingstep*
7. condições de usinagem otimizadas
8. linearização do plano de processos
9. programa NC (ISO 6983)
10. relatórios e plano de processo

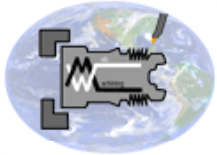
WebCAPP: Método Decomposição de Features





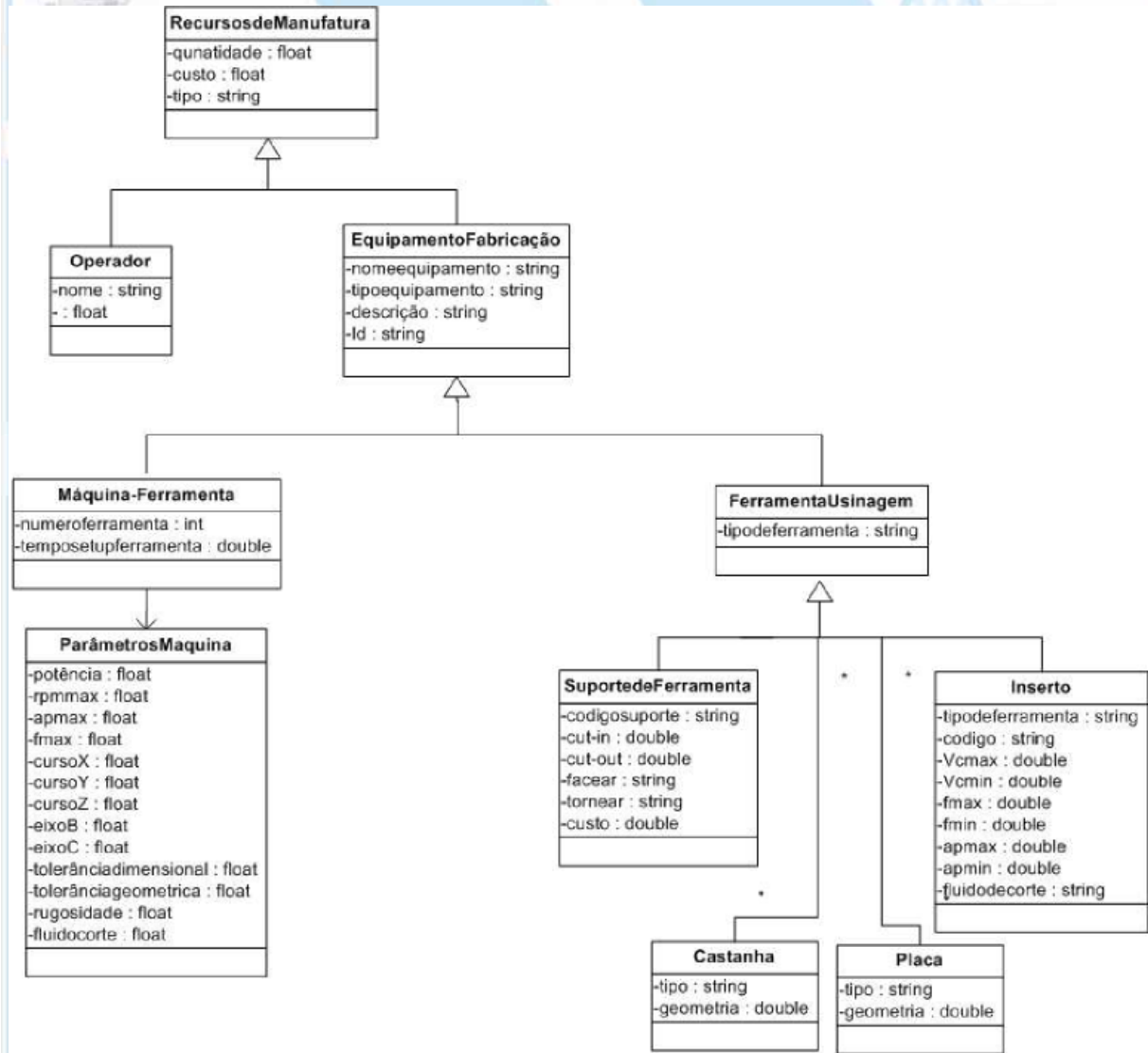
Modelagem IDEF0: WebTurning



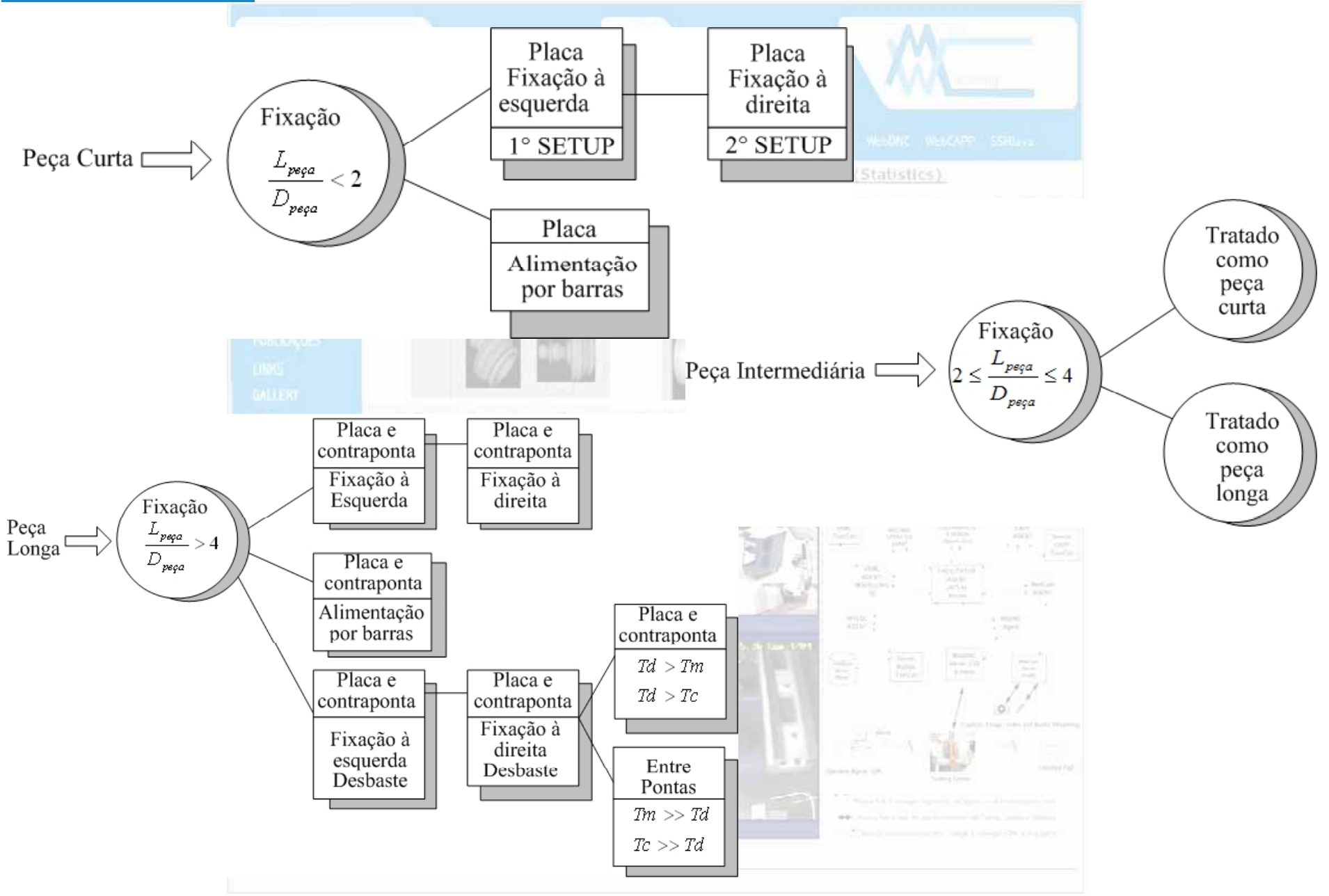


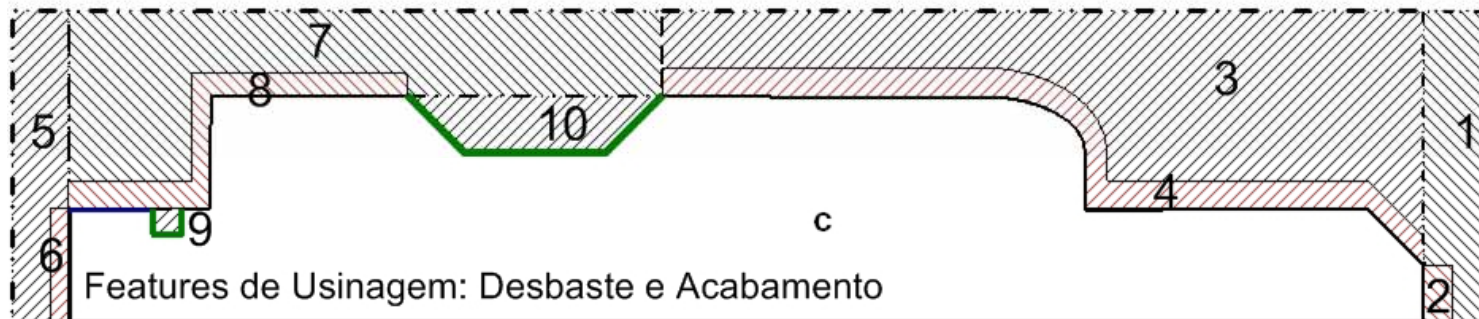
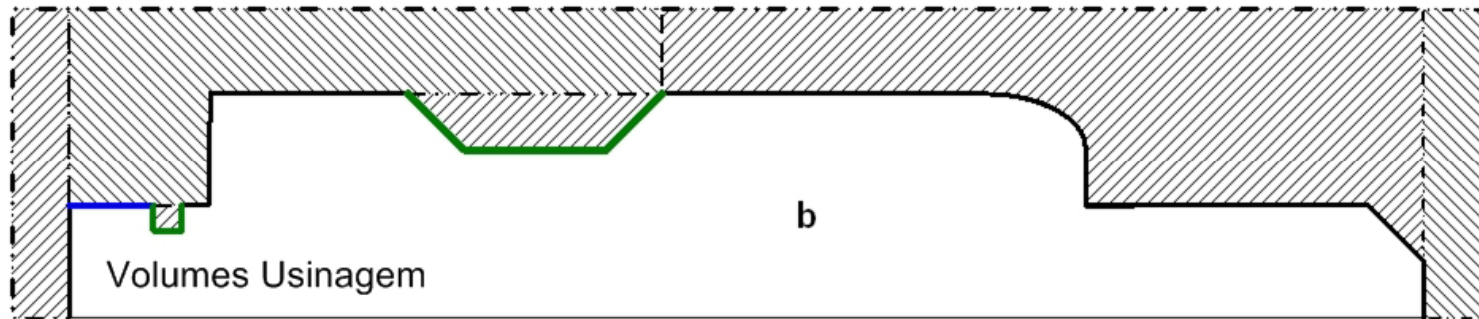
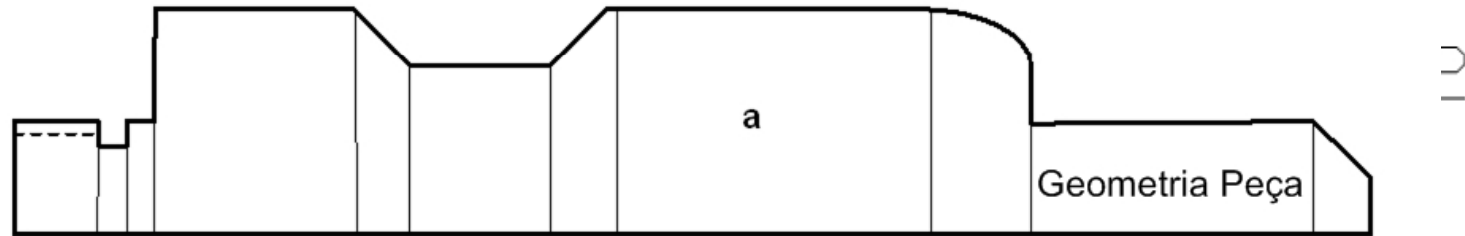
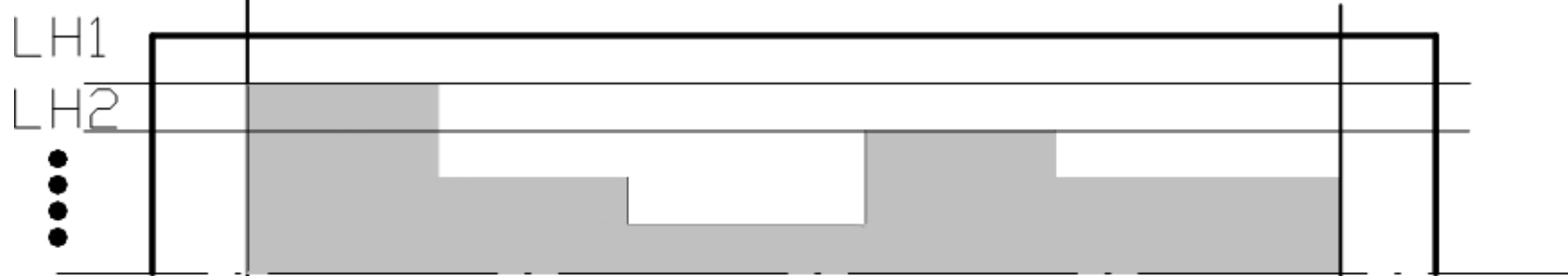
e-manufacturing

Modelo: Tecnologia de Usinagem



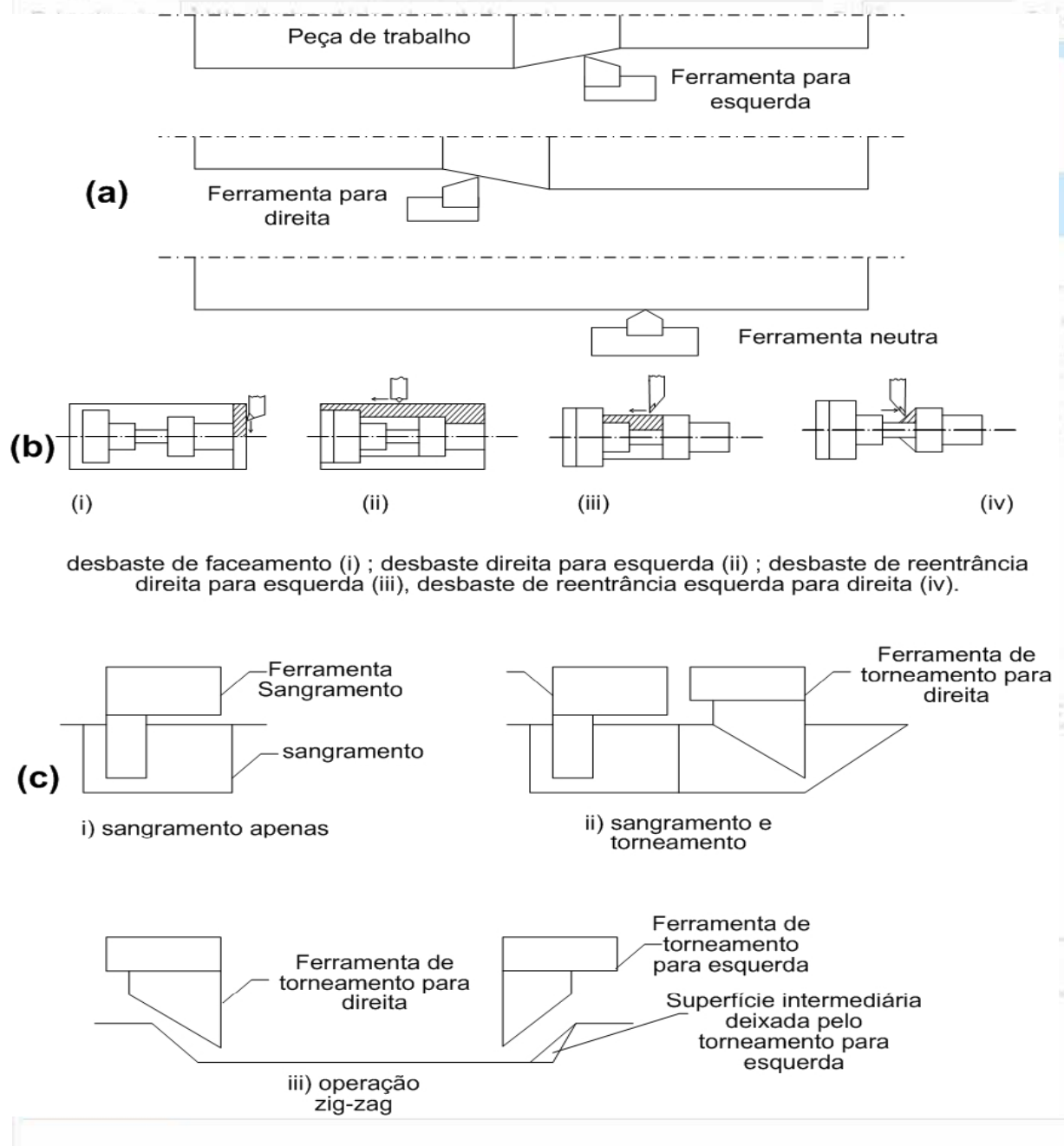
INTERFACE CAD-CAPP: Mapeamento (Setup)





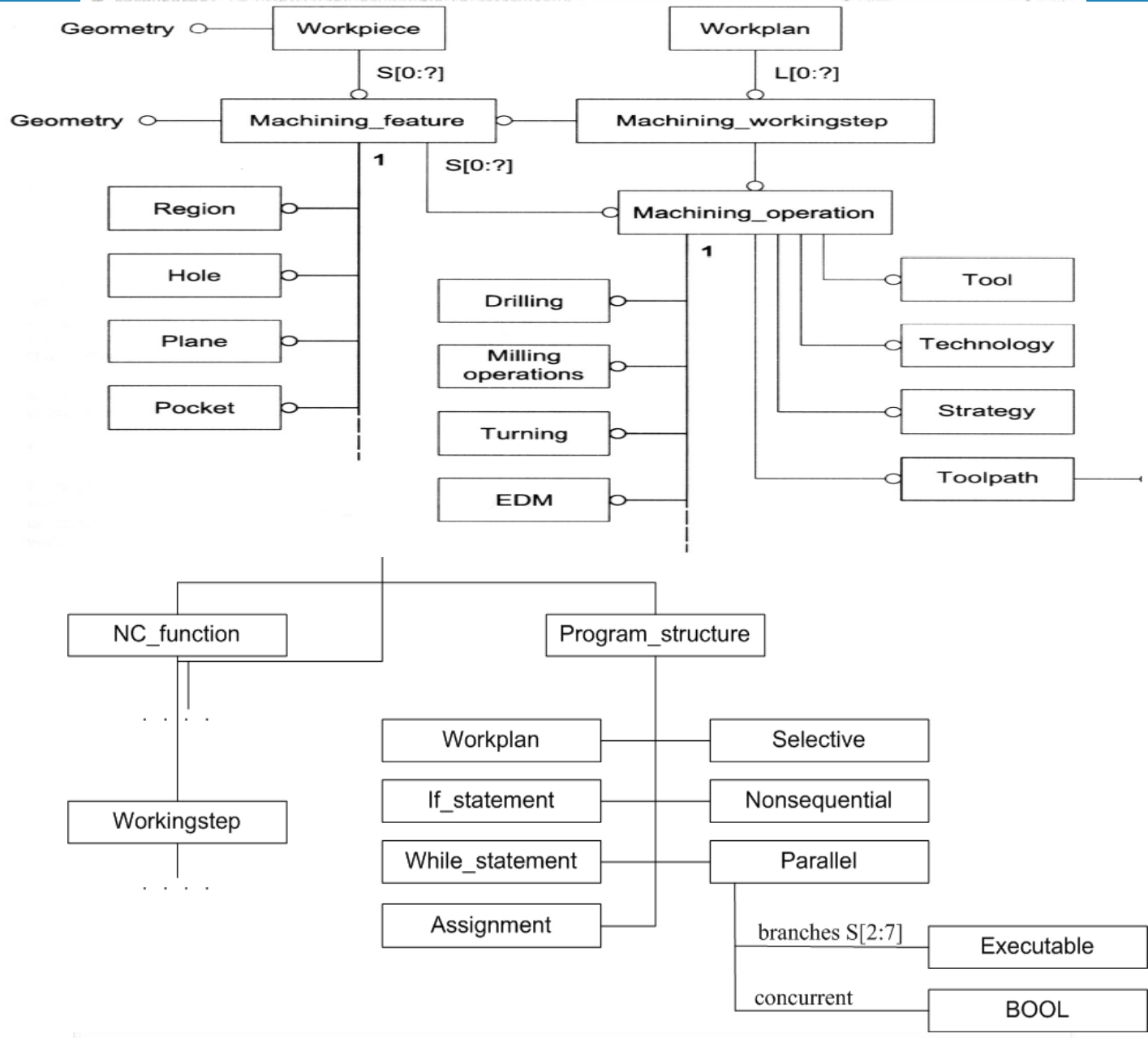


INTERFACE CAD-CAPP: Mapeamento (Operação)



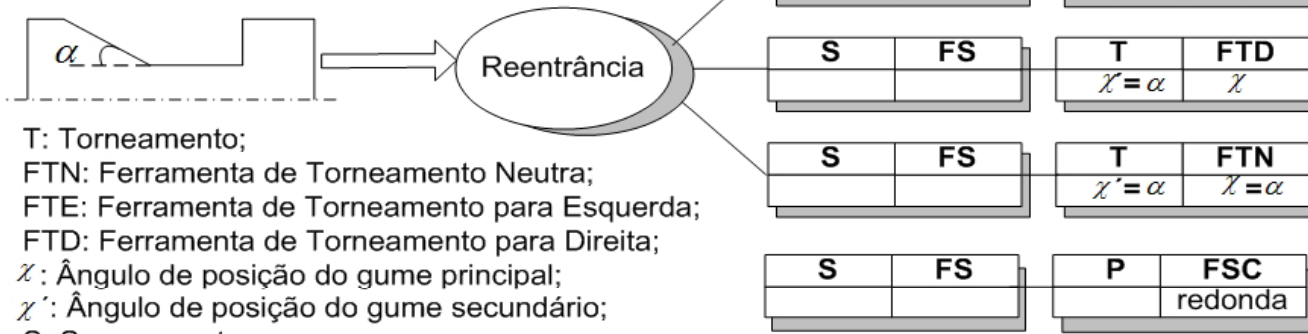
Torneamento	Volume associado ao perl da peça na direção horizontal
Faceamento	Volume associado ao perl da peça na direção vertical
Perfilamento	Volume associado ao contorno da peça sem direção preferencial
Furação	Volume associado a um furo
Canal/Reentrância	Volume associado a um canal ou reentrância na peça pode ser curto ou largo
Recartilhamento	Atributo da <i>feature</i> de usinagem pai (superfície primária e secundária)
Fresamento	Volume associado a uma cavidade, rasgo de chaveta, canal cilíndrico, etc
Alargamento	Volume associado a um furo
Escareamento	Atributo da <i>feature</i> de usinagem pai (superfície primária e secundária)
Rosqueamento	Atributo da <i>feature</i> de usinagem pai (superfície primária e secundária)

<i>Features Concêntricas</i>	<i>Features Eixo C</i>
rosca e recartilhado	cavidade e rasgo
canal, corte, alívio e reentrância	furo
arredondamento, lete e chanfro	escareado
face	alargamento
perl externo (ODs)	rosca
perl interno (IDs)	
<i>spline</i>	
furo	



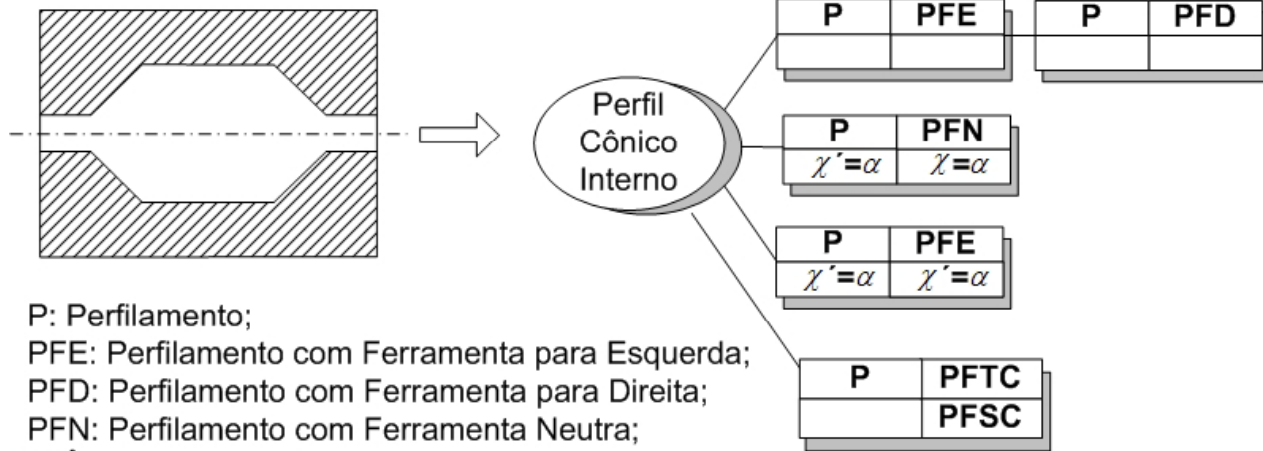
WorkingSteps: Grafo E/OU

Reentrância com face L para direita e cônica para esquerda, direita para fora da peça: cut-out

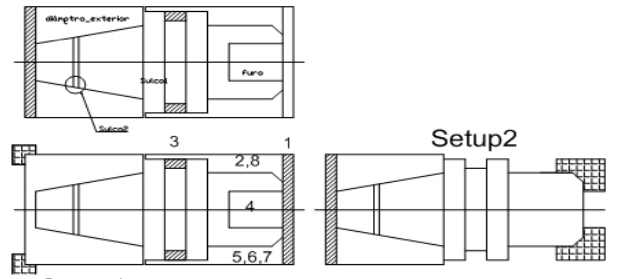


T: Torneamento;
 FTN: Ferramenta de Torneamento Neutra;
 FTE: Ferramenta de Torneamento para Esquerda;
 FTD: Ferramenta de Torneamento para Direita;
 χ : Ângulo de posição do gume principal;
 χ' : Ângulo de posição do gume secundário;
 S: Sangramento;
 FS: Ferramenta de sangramento;
 α : ângulo de entrada.

FSC: Ferramenta de sangramento circular
 P: Perfilamento



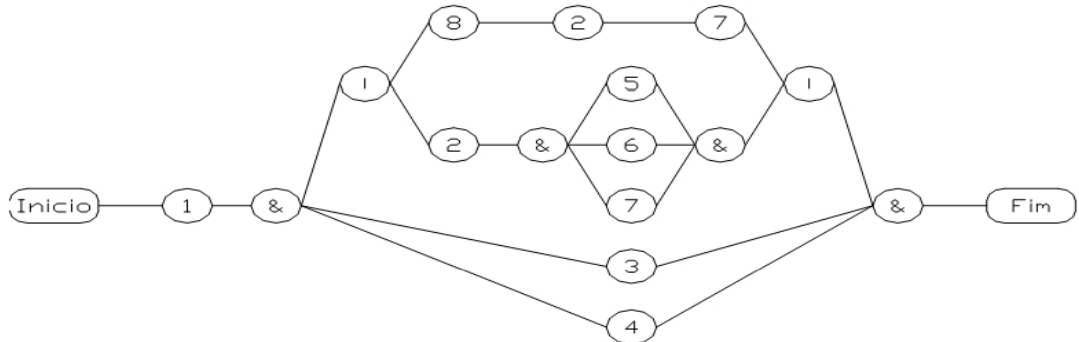
P: Perfilamento;
 PFE: Perfilamento com Ferramenta para Esquerda;
 PFD: Perfilamento com Ferramenta para Direita;
 PFN: Perfilamento com Ferramenta Neutra;
 χ : Ângulo de posição do gume principal;
 χ' : Ângulo de posição do gume secundário;
 α : ângulo de entrada.
 PFTC: Perfilamento ferramenta torneamento circular
 PFSC: Perfilamento ferramenta sangramento circular



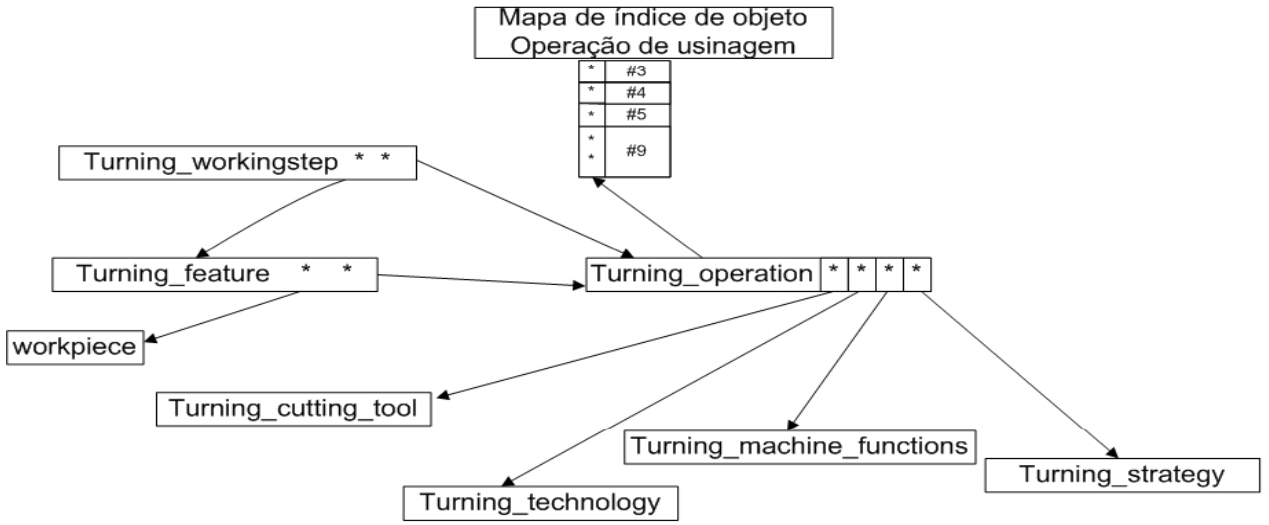
Setup1 (a) Geometria e Setup

WORKINGSTEP		
ID	FEATURE	OPERAÇÃO
1	Face	faceamento
2	OD	torneamento longitudinal
3	Canal	sangramento
4	furo	furação
5	OD	torneamento longitudinal
6	OD	torneamento longitudinal
7	OD	torneamento longitudinal
8	OD	torneamento longitudinal

(b) Lista de Workingsteps Setup1 (ID)



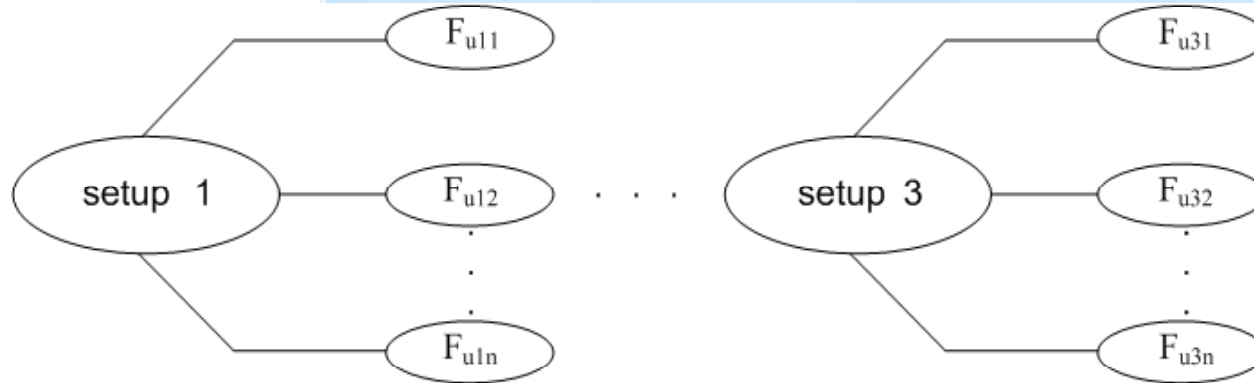
(c) Grafo de Seqüência de Processo: Workingsteps



(d) Estrutura de Dados



Features de Usinagem: Relacionamentos e Restrições



Relação de Features de usinagem por setup para operações de desbaste, semi-acabamento e acabamento.

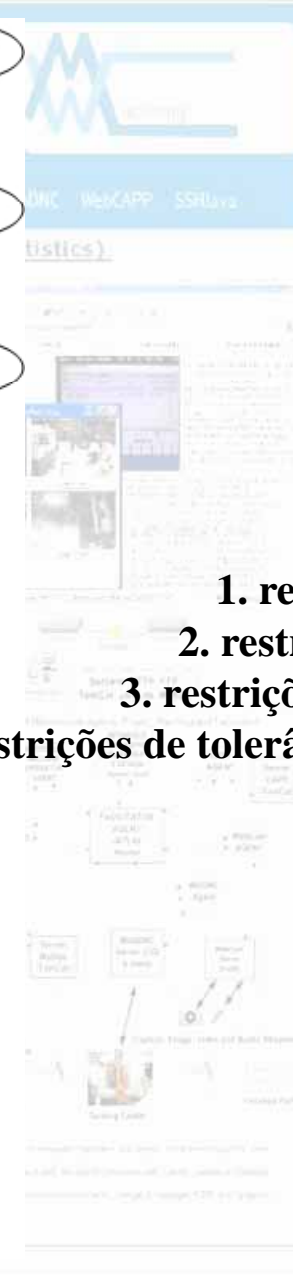
	Fu11	Fu12	...	Fu1n
	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Fu11				x
Fu12	x		x	x
Fu13	x			x
Fu1n		x		

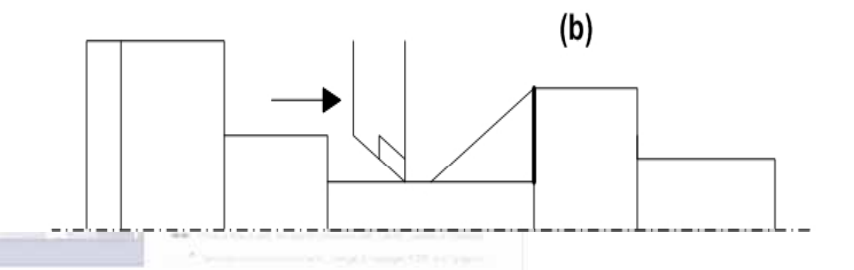
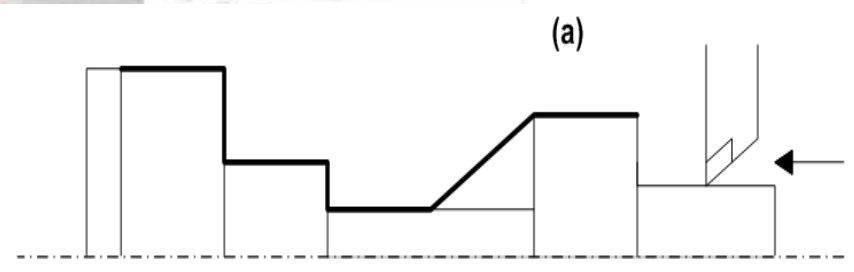
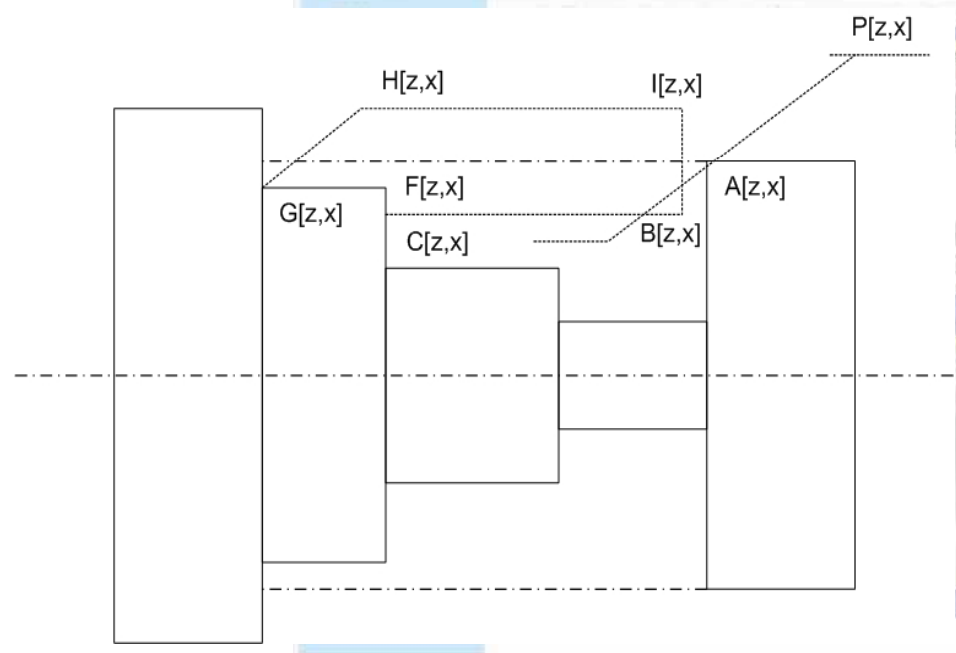
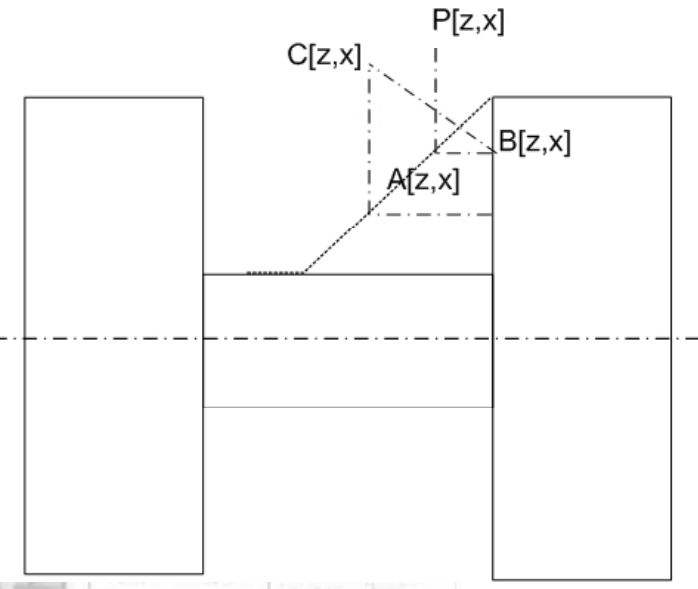
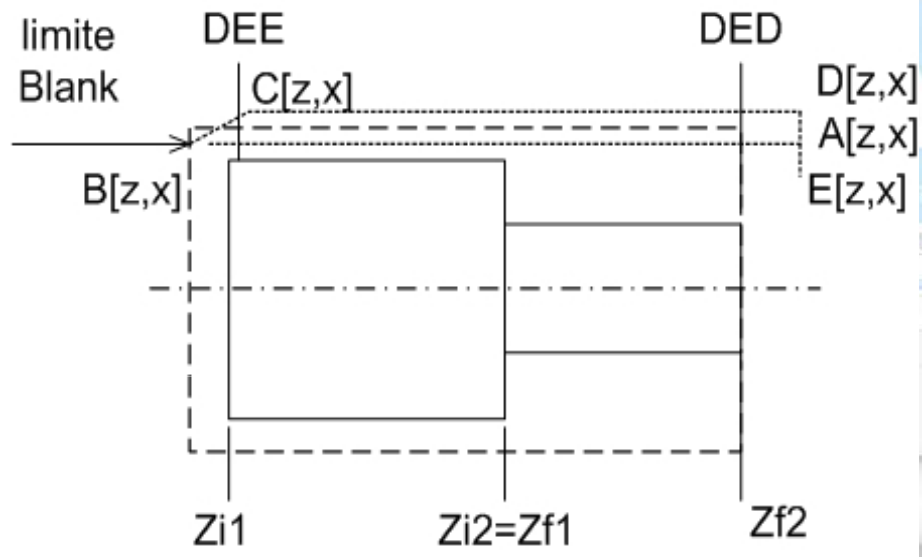
Tabela de relacionamentos por setup

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriz Adjacente por Setup

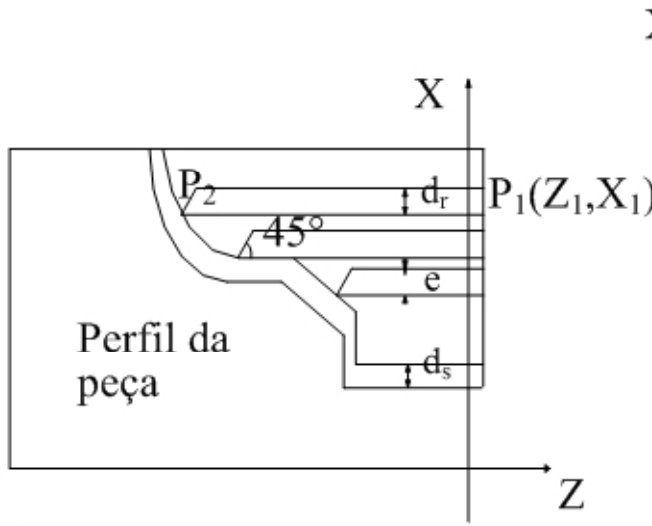
1. restrições operações
2. restrições geométricas
3. restrições de ferramentas
4. restrições de tolerâncias geométricas



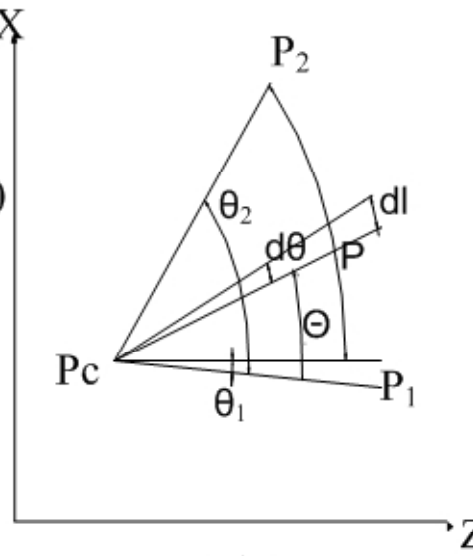




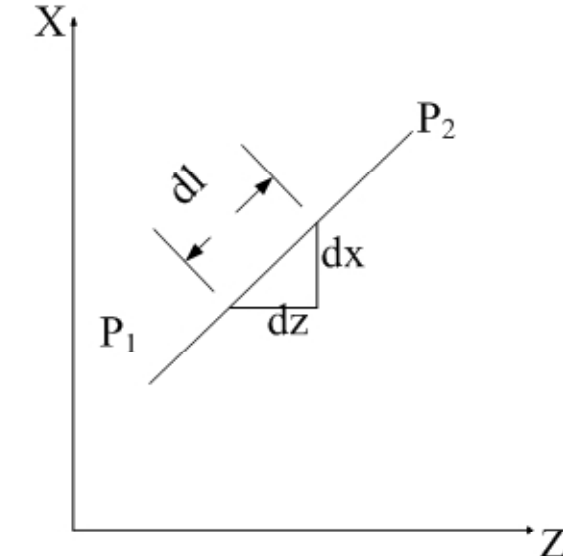
- da operação (torneamento, perfilamento/cópia, faceamento, mandrilamento, recartilhamento, rosqueamento, sangramento, furação, fresamento, escareamento e alargamento);
 - do tipo de operação, se é de desbaste, semi-acabamento ou acabamento;
 - estratégia de movimentação da ferramenta considerada;
 - do tipo de ferramenta (para esquerda, para direita, neutra ou circular);
 - do ângulo de abordagem da ferramenta (ângulos de posição efetivo do gume principal e do gume secundário, DIN 6581, e ângulo de entrada, segundo ASA B5.22 (1950) que define os ângulos de trabalho) associado à geometria do porta-ferramenta, fixação da ferramenta no dispositivo de fixação de ferramentas (*cut-in* e *cut-out*).
1. Torneamento desbaste de OD, ID, *splines* e reentrâncias (canal largo): escolhe-se a ferramenta que apresentar maior ângulo de ponta (ϵ), maior raio de arredondamento da ponta (r_ϵ), maior espessura de pastilha, maior comprimento do gume de corte e ângulo de posição (χ) próximo de 90° (minimizar força de corte). Se for uma *feature* ID deve-se levar em consideração o diâmetro mínimo para execução da operação de mandrilamento ($D \geq 22$ mm). O Porta-ferramenta é selecionado em função dos ângulos de posição e de abordagem (*cut-in* e *cut-out*), direção de avanço (L ou R) e operação interna ou externa. Determina-se para cada ferramenta selecionada as faixas de utilização de velocidade de corte, avanço, profundidade de usinagem (depende do comprimento efetivo de corte), geometria da ferramenta (ϵ , χ , r_ϵ , espessura da pastilha e comprimento do gume de corte) e diâmetro mínimo para operações de torneamento interno (mandrilamento).



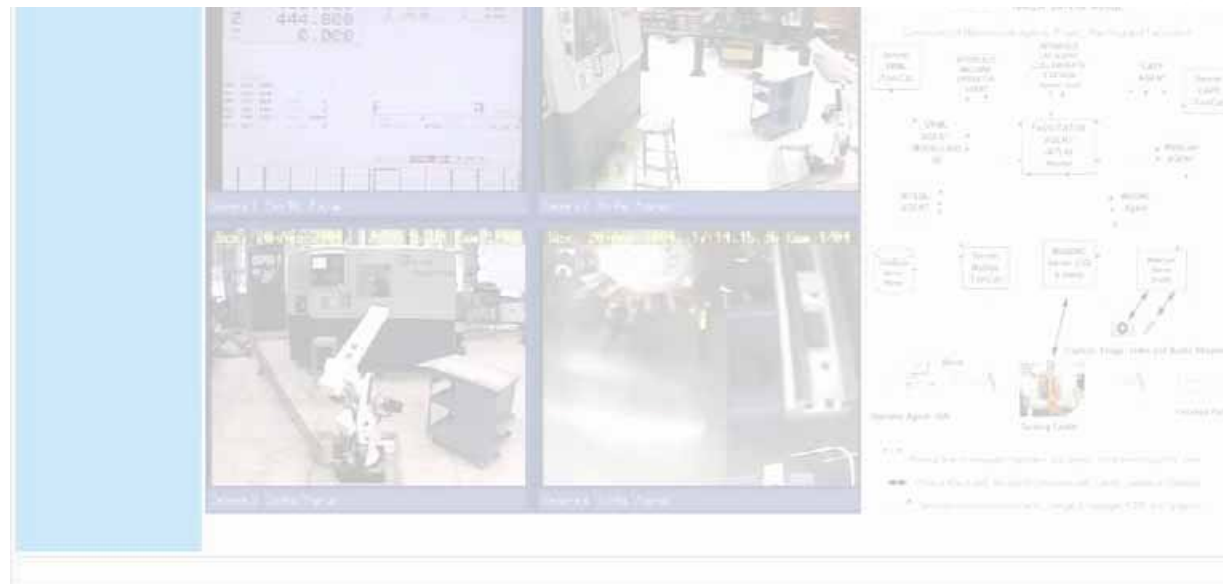
Trajétória da ferramenta para desbaste e acabamento



Interpolação Circular



Interpolação Linear



Modelo Matemático

$$V_f = fN \quad (1)$$

$$N = \frac{1000V_c}{\pi D} \quad (2)$$

Para interpolação linear (fig. 1 (c)) entre dois pontos $P_1(Z_1, X_1)$ e $P_2(Z_2, X_2)$ o diâmetro D de um ponto P(z,x) sobre a linha reta que passa por P_1 e P_2 é:

$$D = 2x \quad (3)$$

O tempo infinitesimal dt, para um deslocamento infinitesimal dl de uma ferramenta com uma velocidade de avanço V_f no diâmetro D, é dado pela seguinte forma diferencial:

$$dt = \frac{dl}{V_f} \quad (4)$$

Incorporando as equações (1)-(3) na equação (4) tem-se: $dt = \frac{2\pi x dx}{1000V_c f \text{sen}\theta}$
 θ é $\arctan[(X_2 - X_1)/(Z_2 - Z_1)]$ no intervalo aberto $(0, \pi)$ e $(\pi, 2\pi)$. O tempo de movimento da ferramenta para o deslocamento entre P_1 e P_2 , **torneamento cônico** (fig. 1 (c)), é

$$t = \int_{x_1}^{x_2} \frac{2\pi x dx}{1000V_c f \text{sen}\theta} = \frac{\pi}{1000V_c f} \left| \frac{X_2^2 - X_1^2}{\text{sen}\theta} \right| \quad (5)$$

Se θ não for igual a $0, \pi/2, \pi$, ou $3\pi/2$ o torneamento linear pode ser classificado como um torneamento cônico. No caso de **torneamento retilíneo**, onde θ na equação (5) é 0 ou π , a equação torna-se

$$t = \frac{\pi |x(Z_2 - Z_1)|}{500V_c f} \quad (6)$$

onde $x=X_1=X_2$; e $|Z_2 - Z_1|$ é o comprimento do torneamento longitudinal retilíneo.

No caso de **faceamento**, onde θ na equação (5) é $\pi/2$ ou $3\pi/2$ ($\text{sen}\theta = \pm 1$), o tempo de corte será

$$t = \frac{\pi}{1000V_c f} |X_2^2 - X_1^2| \quad (7)$$

A análise para interpolação circular (figura 1(b)) é análoga ao caso linear, sendo que o tempo infinitesimal é dado por: $dt = \frac{R d\theta}{V_f}$

Usando o centro do arco $P_c(Z_c, X_c)$, a coordenada X do ponto P(z,x) é igual a: $x = X_c + R \text{sen}\theta$

O tempo de movimento da ferramenta para **torneamento circular**, tempo de corte, entre $P_1(Z_1, X_1)$ e $P_2(Z_2, X_2)$ é

$$t = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{2\pi R}{1000V_c f} (X_c + R \text{sen}\theta) d\theta = \frac{2\pi R}{1000V_c f} [X_c(\theta_2 - \theta_1) - R(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)] \quad (8)$$

onde θ_1 é $\arctan((X_1 - X_c)/(Z_1 - Z_c))$ e θ_2 é $\arctan((X_2 - X_c)/(Z_2 - Z_c))$, no intervalo fechado $[0, 2\pi]$.

Modelo Matemático

3.4 Modelo Matemático Multi-passe para Tempo de Corte de Perfil Contínuo

Neste caso utiliza-se a abordagem multi-corte onde o desbaste é dividido em dois estágios com n passes de usinagem e o acabamento em um único passe, conforme descrito anteriormente (figura 1). No caso mais genérico que se possa conceber, as seguintes operações de usinagem serão necessárias para remoção das features de usinagem¹:

- **Primeiro estágio de desbaste:** $(n-1)$ passes associados às operações de torneamento retilíneo ou faceamento, deixando um sobremetal para o segundo estágio de desbaste, que executará o passe n . A trajetória de corte é linear onde a profundidade de corte para cada linha, pode ser calculada para cada linha L_g por $x - (x_I - \sum_{g=1}^{n-1} dr_g) = 0$, onde $P_I(Z_I, X_I)$ é o ponto inicial (figura 1); dr_g é a profundidade de corte para cada passe, onde $g=1, 2, \dots, n-1$. Os pontos de intersecção $P_{N(g)}(Z_{N(g)}, X_{N(g)})$ de cada linha L_g com o perfil da peça mais o sobremetal de acabamento ds é calculado para cinco casos:

1. segmento cônico (9) entre $P_{1t}(Z_{1t}, X_{1t})$ e $P_{2t}(Z_{2t}, X_{2t})$;

$$X_{N(g)} = X_I - \sum_{i=1}^g dr_g; Z_{N(g)} = Z_{1t} + \frac{Z_{2t} - Z_{1t}}{X_{2t} - X_{1t}} \left[(d_t - \sum_{i=1}^g dr_g) - X_{1t} \right] \quad (9)$$

2. face de um segmento (10) entre $P_{1f}(Z_{1f}, X_{1f})$ e $P_{2f}(Z_{2f}, X_{2f})$;

$$X_{N(g)} = X_I - \sum_{i=1}^g dr_g; Z_{N(g)} = Z_{1v} \text{ ou } Z_{N(g)} = Z_{2v} (Z_{1v} = Z_{2v}) \quad (10)$$

¹As features de usinagem são obtidas através da conversão ou mapeamento das features de projeto para o domínio da usinagem.

Modelo Matemático

3. arco de circunferência convexo (11) entre $P_{1c}(Z_{1c}, X_{1c})$ e $P_{2c}(Z_{2c}, X_{2c})$, sendo $P_c(Z_c, X_c)$ o centro e r_α o raio arco de circunferência;

$$X_{N(g)} = X_I - \sum_{i=1}^g dr_g ; Z_{N(g)} = Z_c + \sqrt{r_\alpha^2 - \left[(d_t - \sum_{i=1}^g dr_g) - X_c^2 \right]^2} \quad (11)$$

4. arco de circunferência côncavo (12) entre $P_{1c}(Z_{1c}, X_{1c})$ e $P_{2c}(Z_{2c}, X_{2c})$, sendo $P_c(Z_c, X_c)$ o centro e r_α o raio arco de circunferência;

$$X_{N(g)} = X_I - \sum_{i=1}^g dr_g ; Z_{N(g)} = Z_c - \sqrt{r_\alpha^2 - \left[(d_t - \sum_{i=1}^g dr_g) - X_c^2 \right]^2} \quad (12)$$

5. entre dois pontos de intersecção do próprio perfil da peça (13), ou seja ponto crítico, onde uma feature de projeto (forma) muda para a outra (CAM-I, 1986):

$$X_{N(g)} = X_{\text{ponto crítico}} ; Z_{N(g)} = Z_{\text{ponto crítico}} \quad (13)$$

A seguir calcula-se o comprimento de corte para cada passe relativo ao torneamento retilíneo, $H_{(g)}$, no primeiro estágio de desbaste, onde Z_I é a coordenada Z do ponto inicial $P_I(Z_I, X_I)$ e d_s a profundidade de corte de acabamento:

$$H_{(g)} = |Z_{N(g)} - Z_I| - d_s \quad (14)$$

Logo o tempo de corte para cada passe pode ser calculado através das equações (6) e (14), resultando em

$$T_{hr(g)} = \frac{\pi |X_{(g)} H_{(g)}|}{500 V_{cr} f_r} \quad (15)$$

Sendo $H_{(g)} = |Z_{N(g)} - Z_I| - d_s$; $X_{(g)} = X_{N(g)} = X_I - \sum_{i=1}^g dr_g$, V_{cr} e f_r a velocidade de corte e avanço para desbaste. O tempo de corte total para o primeiro estágio de desbaste S_{r1} será

$$S_{r1} = \sum_{g=1}^{n-1} T_{hr(g)} \quad (16)$$

Modelo Matemático

- **Segundo estágio de desbaste:** passe n (último passe de desbaste) onde será executado o perfilamento/cópia de desbaste constituído por uma seqüência continua de operações de torneamento retilíneo, torneamento cônico, torneamento circular ou faceamento, deixando um sobremetal ds para o passe de acabamento. Assim o perfil 2D interno e/ou externo da peça (poliforma²) é constituído por um conjunto de arcos de circunferência e de segmentos de retas paralelas, perpendiculares e oblíquas ao eixo rotacional da peça. Deve-se calcular o tempo de corte para cada conjunto de torneamento de segmento retilíneo tendo $P_{1(i)}(Z_{1(i)}, X_{1(i)})$ e $P_{2(i)}(Z_{2(i)}, X_{2(i)})$, os pontos inicial e final no perfil, logo para o n th passe de desbaste do i th torneamento de segmento retilíneo, tem:

$$T_{hr(i)(n)} = \frac{\pi |X_{(i)(n)}(Z_{2(i)} - Z_{1(i)})|}{500V_{cr}f_r}; X_{(i)(n)} = \frac{D_{(i)}}{2} + ds$$

$$T_{hr(i)(n)} = \frac{\pi \left| \left(\frac{D_{(i)}}{2} + ds \right) (Z_{2(i)} - Z_{1(i)}) \right|}{500V_{cr}f_r} \quad (17)$$

O tempo total de corte para o *passe de desbaste de segmentos retilíneos* $S_{hr(n)}$ onde n_h é o número de segmentos retilíneos, será

$$S_{hr(n)} = \sum_{i=1}^{n_h} T_{hr(i)(n)} \quad (18)$$

Para *torneamento cônico* do j th cone entre dois pontos $P_{1(j)}(Z_{1(j)}, X_{1(j)})$ e $P_{2(j)}(Z_{2(j)}, X_{2(j)})$, as coordenadas de $P_{1(j)(n)}$ e $P_{2(j)(n)}$ e os diâmetros respectivos da peça acabada $D_{1(j)}$ e $D_{2(j)}$, para o n th passe de desbaste é

$$x_{1(j)(n)} = \frac{D_{1(j)}}{2} + ds; x_{2(j)(n)} = \frac{D_{2(j)}}{2} + ds \quad (19)$$

$$T_{tr(j)(n)} = \frac{\pi}{1000V_{cr}f_r} \frac{\left| \frac{1}{4} (D_{2(j)}^2 - D_{1(j)}^2) + (D_{2(j)} - D_{1(j)})ds \right|}{\text{sen}\theta_{(j)}} \quad (20)$$

onde $\theta_{(j)} = \arctan \left(\frac{X_{2(j)} - X_{1(j)}}{Z_{2(j)} - Z_{1(j)}} \right) = \arctan \left(\frac{D_{2(j)} - D_{1(j)}}{2(Z_{2(j)} - Z_{1(j)})} \right); 0 < \theta_{(j)} < \pi; \pi < \theta_{(j)} < 2\pi$

Modelo Matemático

O tempo total de corte para o *passe de desbaste de segmentos cônicos* $S_{tr(n)}$ onde n_t é o número de segmentos cônicos, será

$$S_{tr(n)} = \sum_{j=1}^{n_t} T_{hr(j)(n)} \quad (21)$$

O tempo de corte para n th passe de desbaste para *todos os segmentos de faceamento* $S_{vr(n)}$ pode ser obtido da equação (20) fazendo $\text{sen}\theta = \pm 1$ e n_v é o número de segmentos de faceamento:

$$S_{vr(n)} = \sum_{k=1}^{n_v} \frac{\pi}{1000V_{cr}f_r} \left| \frac{1}{4} (D_{2(k)}^2 - D_{1(k)}^2) + (D_{2(k)} - D_{1(k)})d_s \right| \quad (22)$$

Para o l th arco de circunferência entre dois pontos $P_{1(l)}(Z_{1(l)}, X_{1(l)})$ e $P_{2(l)}(Z_{2(l)}, X_{2(l)})$, raio do arco $r_{a(l)(n)}$ do n th passe de desbaste será

$$r_{a(l)(n)} = R_{(l)} + d_s \quad (23)$$

onde $R_{(l)}$ é o raio da peça acabada para o l th arco de circunferência. Trocando R na equação (8) por $r_{a(l)(n)}$ (23), o tempo de corte do n th *passe de desbaste para o lth arco de circunferência* $T_{cr(l)(n)}$ será

$$T_{cr(l)(n)} = \frac{\pi(R_{(l)} + d_s)}{500V_{cr}f_r} \left| X_{c(l)}(\theta_{2(l)} - \theta_{1(l)}) - (R_{(l)} + d_s)(\cos\theta_{2(l)} - \cos\theta_{1(l)}) \right| \quad (24)$$

onde

$$\theta_{1(l)} = \arctan \left(\frac{X_{1(l)} - X_{c(l)}}{Z_{1(l)} - Z_{c(l)}} \right) = \arctan \left(\frac{\frac{D_{1(l)}}{2} - X_{c(l)}}{Z_{1(l)} - Z_{c(l)}} \right) \quad (25)$$

$$\theta_{2(l)} = \arctan \left(\frac{X_{2(l)} - X_{c(l)}}{Z_{2(l)} - Z_{c(l)}} \right) = \arctan \left(\frac{\frac{D_{2(l)}}{2} - X_{c(l)}}{Z_{2(l)} - Z_{c(l)}} \right) \quad (26)$$

$D_{1(l)}$ e $D_{2(l)}$ são os diâmetros da peça acabada para o l th arco de circunferência nos pontos $P_{1(l)}$ e $P_{2(l)}$, respectivamente; e $P_{c(l)}(Z_{c(l)}, X_{c(l)})$ é o centro do l th arco de circunferência. O tempo de corte para o segundo estágio de desbaste, último passe de desbaste, *para todos os arcos de circunferência* será

$$S_{cr(n)} = \sum_{l=1}^{n_c} T_{cr(l)(n)} \quad (27)$$

onde n_c é o número de arcos circulares na peça usinada. *O tempo total de corte para o segundo estágio de desbaste* S_{r2} será dado pela soma de cada parcela das operações de desbaste de perfilamento

$$S_{r2} = S_{hr(n)} + S_{tr(n)} + S_{vr(n)} + S_{cr(n)} \quad (28)$$

Modelo Matemático

- **Acabamento:** passe de acabamento com profundidade de corte “ d_s ”, onde será executado o perfilamento/cópia de acabamento constituído por uma seqüência continua de operações de torneamento retilíneo, torneamento cônico, torneamento circular ou faceamento. O cálculo é semelhante ao segundo estágio das operações de desbaste, sendo dividido em quatro tipos de operações já tratadas. O tempo de corte para o passe de acabamento para cada conjunto de torneamento de segmento retilíneo, onde $P_{1(i)}(Z_{1(i)}, X_{1(i)})$ e $P_{2(i)}(Z_{2(i)}, X_{2(i)})$, são os pontos inicial e final no perfil.

Assim o passe de acabamento para torneamento de segmento retilíneo será

$$T_{hr(i)(n)} = \frac{\pi \left| \left(\frac{D_{(i)}}{2} + d_s \right) (Z_{2(i)} - Z_{1(i)}) \right|}{500V_{cr} f_r} \quad (29)$$

O tempo total de corte para o passe de acabamento de segmentos retilíneos S_{hs} onde n_h é o número de segmentos retilíneos, será

$$S_{hs} = \sum_{i=1}^{n_h} T_{hs(i)} \quad (30)$$

Para torneamento cônico do j th cone entre dois pontos $P_{1(j)}(Z_{1(j)}, X_{1(j)})$ e $P_{2(j)}(Z_{2(j)}, X_{2(j)})$, as coordenadas de $P_{1(j)(n)}$ e $P_{2(j)(n)}$ e os diâmetros respectivos da peça acabada $D_{1(j)}$ e $D_{2(j)}$, para o passe de acabamento é

$$T_{ts(j)} = \frac{\pi}{1000V_{cs} f_s} \frac{\left| (D_{2(j)}^2 - D_{1(j)}^2) \right|}{4 \text{sen} \theta_{(j)}} \quad (31)$$

onde $\theta_{(j)} = \arctan \left(\frac{X_{2(j)} - X_{1(j)}}{Z_{2(j)} - Z_{1(j)}} \right) = \arctan \left(\frac{D_{2(j)} - D_{1(j)}}{2(Z_{2(j)} - Z_{1(j)})} \right)$; $0 < \theta_{(j)} < \pi$; $\pi < \theta_{(j)} < 2\pi$

O tempo total de corte para o passe de acabamento de segmentos cônicos $S_{tr(n)}$ onde n_t é o número de segmentos cônicos, será

$$S_{ts} = \sum_{j=1}^{n_t} T_{ts(j)} \quad (32)$$

Modelo Matemático

O tempo de corte para o passe de acabamento para todos os segmentos de faceamento S_{vs} pode ser obtido da equação (31) fazendo $\text{sen}\theta = \pm 1$ e n_v é o número de segmentos de faceamento:

$$S_{vs} = \sum_{k=1}^{n_v} \frac{\pi}{1000V_{cs}f_s} \left| \frac{1}{4} (D_{2(k)}^2 - D_{1(k)}^2) \right| \quad (33)$$

Para o l th arco de circunferência entre dois pontos $P_{1(l)}(Z_{1(l)}, X_{1(l)})$ e $P_{2(l)}(Z_{2(l)}, X_{2(l)})$, raio do arco $r_{a(l)}$ do passe de acabamento será

$$r_{a(l)} = R_{(l)} \quad (34)$$

onde $R_{(l)}$ é o raio da peça acabada para o l th arco de circunferência. Trocando $r_{a(l)}$ na equação (8) por $R_{(l)}$ (34), o tempo de corte para o passe de acabamento para o l th arco de circunferência $T_{cs(l)}$ será

$$T_{cs(l)} = \frac{\pi R_{(l)}}{500V_{cs}f_s} \left| X_{c(l)} (\theta_{2(l)} - \theta_{1(l)}) - R_{(l)} (\cos\theta_{2(l)} - \cos\theta_{1(l)}) \right| \quad (35)$$

onde $\theta_{1(l)}$ e $\theta_{2(l)}$ são definidos por (25) e (26), respectivamente.

$D_{1(j)}$ e $D_{2(j)}$ são os diâmetros da peça acabada para o l th arco de circunferência nos pontos $P_{1(l)}$ e $P_{2(l)}$, respectivamente; e $P_{c(l)}(Z_{c(l)}, X_{c(l)})$ é o centro do l th arco de circunferência. O tempo de corte para o passe de acabamento para todos os arcos de circunferência será

$$S_{cs} = \sum_{l=1}^{n_c} T_{cs(l)} \quad (36)$$

onde n_c é o número de arcos circulares na peça usinada.

O tempo total de corte para o passe de acabamento S_f será dado pela soma de cada parcela das operações de acabamento de perfilamento

$$S_f = S_{hs} + S_{ts} + S_{vs} + S_{cs} \quad (37)$$

Modelo Matemático

3.5 Modelo Matemático Multi-passe para Tempo de Corte de Torneamento Longitudinal Retilíneo

O modelo multi-passe utilizado para cálculo de tempos é semelhante ao modelo adotado para torneamento retilíneo de desbaste no primeiro estágio, sendo constituído por uma operação multi-passe de desbaste, formada por n passes de desbaste, e por um único passe de acabamento. O modelo de tempos para as operações de desbaste e acabamento é apresentado a seguir:

- **Desbaste:** calcule o comprimento de corte para cada passe relativo ao torneamento retilíneo, $H_{(g)}$ onde Z_1 é a coordenada Z do ponto inicial $P_I(Z_1, X_1)$; $P_{N(g)}(Z_{N(g)}, X_{N(g)})$ é o ponto crítico de intersecção de cada linha associada ao passe de usinagem; e d_s a profundidade de corte de acabamento:

$$H_{(g)} = |Z_{N(g)} - Z_I| - d_s \quad (38)$$

Logo o tempo de corte para cada passe pode ser calculado através das equações (6) e (38), resultando em

$$T_{hr(g)(m)} = \sum_{m=1}^{n_r} \left(\frac{\pi |X_{(g)(m)} H_{(g)(m)}|}{500 V_{cr} f_r} \right) \quad (39)$$

Sendo $H_{(g)} = |Z_{N(g)} - Z_I| - d_s$; $X_{(g)} = X_{N(g)} = X_I - \sum_{g=1}^n dr_g$, V_{cr} e f_r a velocidade de corte e avanço para desbaste longitudinal, respectivamente, e n_r o número de features presentes na peça e que serão usinadas por este procedimento. O tempo de corte total para os n passes de desbaste longitudinal S_{rr} será

$$S_{rr} = \sum_{g=1}^n T_{hr(g)(m)} \quad (40)$$

- **Acabamento:** calcula-se o único passe de acabamento após a conclusão do n th passe de desbaste, onde o tempo de usinagem será dado por

$$T_{hs} = \frac{\pi |D_{(i)}(Z_{2(i)} - Z_{1(i)})|}{500 V_s f_s} \quad (41)$$

Onde $D(i)$ é diâmetro externo de uma features de forma de diâmetro externo (OD). O tempo total de corte para o passe de torneamento longitudinal é S_{hs} , sendo n_r o número de segmentos retilíneos (features) presentes na peça:

$$S_{hs} = \sum_{m=1}^{n_r} T_{hs(m)} \quad (42)$$

Modelo Matemático

3.6 Modelo Matemático Multi-passe para Tempo de Corte de Sangramento, Corte de Peças e Faceamento

O modelo multi-passe utilizado para cálculo de tempos é semelhante ao modelo adotado para faceamento, no segundo estágio de desbaste. Assim o modelo de sangramento será constituído por dois passes (desbaste e acabamento), sendo igual ao modelo para faceamento. Já o modelo de corte de peças é constituído apenas pelo modelo de desbaste, associado ao corte da peça. O modelo de tempo para os dois passes é apresentado a seguir:

- **Desbaste:** O tempo de corte para o passe de desbaste para todos os sangramentos S_{gr} pode ser obtido da equação (20) fazendo $sen\theta = \pm 1$ e n_{gr} é o número de operações de sangramento:

$$S_{gr} = \sum_{k=1}^{n_g} \frac{\pi}{1000V_{cr}f_r} \left| \frac{1}{4} (D_{2(k)}^2 - D_{1(k)}^2) + (D_{2(k)} - D_{1(k)})d_s \right| \quad (43)$$

- **Acabamento:** O tempo de corte para o passe de acabamento para todos os sangramentos S_{gs} pode ser obtido da equação (31) fazendo $sen\theta = \pm 1$ e n_{gr} é o número de operações de sangramento de acabamento:

$$S_{gs} = \sum_{k=1}^{n_g} \frac{\pi}{1000V_{cs}f_s} \left| \frac{1}{4} (D_{2(k)}^2 - D_{1(k)}^2) \right| \quad (44)$$

3.7 Modelo Matemático Passe Único para Tempo de Corte de Recartilhamento

O modelo de tempos é semelhante ao faceamento podendo ser calculado da mesma forma com um único passe: o tempo de corte para o passe de todos os recartilhados S_{ks} pode ser obtido da equação (31) fazendo $sen\theta = \pm 1$ e n_k é o número de operações de recartilhamento:

$$S_k = \sum_{k=1}^{n_k} \frac{\pi}{1000V_{cs}f_s} \left| \frac{1}{4} (D_{2(k)}^2 - D_{1(k)}^2) \right| \quad (45)$$

Modelo Matemático

3.8 Modelo Matemático Passe Único para Tempo de Corte de Furação e Alargamento

O tempo de corte de furação é dado por:

$$T_d = \frac{\pi D_t L_w}{1000 V_c f} \quad (46)$$

$l_w = |(Z_2 - Z_1)|$ = comprimento da superfície a ser usinada na direção longitudinal

f = avanço (mm/revolução)

D_t = Diâmetro da ferramenta (mm)

V_c = Velocidade de Corte (m/min)

O tempo total de corte para furação é S_d , sendo n_d o número de furos na peça:

$$S_d = \sum_{i=1}^{n_d} T_{d(i)} \quad (47)$$

3.9 Modelo Matemático Passe Único para Tempo de Corte de Roscamento Cilíndrico

O modelo de corte é semelhante ao torneamento retílinio para o passe de acabamento, podendo ser calculado para um único passe pelo modelo abaixo:

$$T_{th(i)} = \frac{\pi |D(i)(Z_{2(i)} - Z_{1(i)})|}{500 V_s f_s}$$

Onde $D(i)$ é diâmetro externo da rosca. O tempo total de corte para o passe de roscamento é S_{th} , sendo n_{th} o número de segmentos retilíneos com roscas:

$$S_{th} = \sum_{i=1}^{n_{th}} T_{th(i)} \quad (48)$$

Modelo Matemático Custo Mínimo

4. MODELOS PROPOSTOS PARA OTIMIZAÇÃO DE OPERAÇÕES DE USINAGEM EM TORNOS CNC

4.1 Baseado no Mínimo Custo

O custo de usinagem C_m (\$/peça) é dado por $C_m = k_o T_M$

onde k_o é a soma do custo direto e encargos sobre o trabalho de usinagem e T_M é o tempo de corte total calculado pelo somatório dos tempos de usinagem para os passes de usinagem (desbaste e acabamento) das operações necessárias para usinagem das features e que foram calculadas na seção anterior, sendo

$$T_M = S_{r1} + S_{r2} + S_f + S_{hr} + S_{hs} + S_{gr} + S_{gs} + S_k + S_d + S_{th} \quad (49)$$

O custo de máquina parada (improdutiva) é C_I (\$/peça) sendo calculado por

$$C_I = K_o T_I \quad (50)$$

onde T_I é o tempo de máquina parada, ou seja sem remoção de cavaco. Este custo é dividido em um termo constante (t_e) relativo ao tempo de carga e descarga da máquina e um termo variável (t_v) associado à movimentação da ferramenta em vazio, sem remoção de material. O tempo de movimentação da ferramenta sem remoção de material (t_v) pode ser representado como a distância transversal l_a (mm) dividido pela velocidade de avanço rápido da máquina V_{fa} (mm/min), assim: $t_v = \frac{l_a}{V_{fa}}$

A distância transversal rápida pode ser calculada para as operações de torneamento retilíneo, cônico, circular, faceamento e perfilamento para os passes associados ao primeiro e segundo estágio de desbaste e para o passe de acabamento (figura 1), sendo o somatório dos passes de usinagem igual a (n-1) no primeiro estágio de desbaste, mais um passe de desbaste no segundo estágio e um passe de acabamento, sendo, neste caso:

$$l_a = \sum_{g=1}^{n-1} H_g + \sqrt{2}(n-1)e + 2\overline{P_I P_M} + 2\overline{P_I P_L} - 2d_s \quad (51)$$

onde P_I é o ponto inicial, P_M é o ponto final e P_L é ponto de menor corte (menor diâmetro usinado na peça).

Deve-se agora incluir os outros movimentos de ferramenta no vazio para as demais operações de usinagem presentes na peça, que nada mais será do que um caso particular do caso mais genérico de l_a .

Para torneamento longitudinal a equação é a mesma. Para faceamento, recartilhamento, corte da peça e sangramento, os termos H_g e e são zero, devendo-se calcular os segmentos associados ao posicionamento $\overline{P_I P_M}$ e ao corte $\overline{P_I P_L}$ para operações de desbaste e acabamento, sendo o novo l_{af} dado por

$$l_{af} = 2\overline{P_I P_M} + 2\overline{P_I P_L} - 2d_s \quad (52)$$

Modelo Matemático: Custo de Produção

$$T_I = t_c + t_v = t_c + \frac{l_a}{V_{fa}} \quad (53)$$

O custo de máquina parada (improdutiva) será

$$C_I = k_o T_I = k_o \left\{ \sum_{j=1}^{n_{fu}} \left[t_c + \frac{\sum_{g=1}^{n-1} H_g + \sqrt{2}(n-1)e + 2\overline{P_I P_M} + 2\overline{P_I P_L} - 2d_s}{V_{fa}} \right] \right\} \quad (54)$$

O custo de troca de ferramenta C_R (\$/peça) é calculado por

$$C_R = k_o T_R \quad (55)$$

O custo da ferramenta C_T (\$/peça) é calculado por

$$C_T = k_t \frac{T_M}{t_l} \quad (57)$$

onde k_t é o custo por gume (aresta de corte) da ferramenta (\$/gume).

O custo total de produção por unidade produzida UC (\$/peça) é: $UC = C_M + C_l + C_R + C_T$

$$UC = \sum_{t=1}^{n_{tool}} \left[k_o(n_{tool}) T_M + k_o(n_{tool}) T_I + k_o(n_{tool}) \left(t_e \frac{T_M}{t_l} \right) + k_t(n_{tool}) \left(\frac{T_M}{t_l} \right) \right] \quad (58)$$

Modelo Matemático

4.2 Baseado na Máxima Taxa de Produção

O menor tempo total de produção da peça é utilizada como critério de medida de otimização das condições de usinagem sendo utilizado o modelo apresentado por BAYKASOGLU e DERELI (2002). São também consideradas as mesmas restrições práticas aplicadas ao modelo de custo, durante o processo de otimização da função objetivo.

A função objetivo a ser otimizada leva em consideração o critério econômico associado ao mínimo tempo de produção unitário, utilizando o modelo de tempo apresentado anteriormente, que inclui: tempo real de usinagem da peça (T_M); tempo máquina parada (improdutivo) relativo às operações de carga e descarga da máquina, setup e movimentação da ferramenta em vazio (T_I); e tempo troca de ferramenta ($T_T = t_e \frac{T_M}{t_f}$).

O tempo total de produção por unidade produzida UT (min) é

$$UT = T_M + T_I + (t_e \frac{T_M}{t_f}) \quad (59)$$

Sendo esta a função objetivo a ser otimizada para o menor tempo de produção.

Modelo Matemático

4.3 Restrições Práticas de Usinagem

Restrições práticas são impostas durante as operações de desbaste e acabamento. As restrições das condições de usinagem referem-se as faixas de utilização (valores mínimo e máximo) da velocidade de corte, avanço e profundidade de corte disponíveis na base de dados de ferramentas, associados ao par material da peça-ferramenta. Deve-se levar em conta as limitações de rotação e avanço da máquina-ferramenta escolhida, também disponível na base de dados. A seguir são apresentadas as restrições utilizadas na otimização das condições de usinagem para os dois critérios de otimização utilizados.

4.3.1 Principais Restrições Associadas às Operações de Desbaste e Acabamento³

- Restrição na velocidade de corte: $V_{rL} \leq V_r \leq V_{rU}$; $V_{sL} \leq V_s \leq V_{sU}$
- Restrição no avanço: $f_{rL} \leq f_r \leq f_{rU}$; $f_{sL} \leq f_s \leq f_{sU}$
- Restrição na profundidade de corte: $a_{p_{rL}} \leq a_{p_r} \leq a_{p_{rU}}$; $a_{p_{sL}} \leq a_{p_s} \leq a_{p_{sU}}$
- Restrição na vida da ferramenta: $T_L \leq t_r \leq T_U$; $T_L \leq t_s \leq T_U$
- Restrição na força de corte: $F_r = k_f f_r^\mu a_{p_r}^\nu \leq F_U$; $F_s = k_f f_s^\mu a_{p_s}^\nu \leq F_U$, onde F_r e F_s é a força de usinagem durante o desbaste (kgf); k_f , μ e ν são as constantes da equação de Kienzle para o par peça/ferramenta, e F_U é a máxima força de usinagem disponível (kgf).
- Restrição força de corte calculada em uma viga engastada e carregada a uma distância L: $F_r = \frac{3EI R \delta}{L^3} \leq F_U$, onde E é o módulo de elasticidade do material, I é o momento de inércia, R é o raio da peça, L é o comprimento da peça e δ é a deflexão da peça no ponto de aplicação da força.
- Restrição na potência de corte: $P_r = \frac{k_f f_r^\mu a_{p_r}^\nu V_r}{6120\eta} \leq P_U$; $P_s = \frac{k_s f_s^\mu a_{p_s}^\nu V_s}{6120\eta} \leq P_U$, onde P_r e P_s é a potência de corte durante a usinagem (kW), η é o fator de eficiência associado a potência da máquina e P_U é a potência máxima disponível para corte (KW).
- Restrição associada a região de corte estável (NARANG e FISCHER, 1993): $V_r^\lambda f_r a_{p_r}^\nu \geq S_L e V_s^\lambda f_s a_{p_s}^\nu \geq S_L$ onde λ e ν são constante associadas ao par peça/ferramenta e S_L é o limite da região de corte estável.

Modelo Matemático

- Restrição acabamento superficial:

$$f_s \leq \sqrt{8r_\varepsilon Rt}; f_s \leq \sqrt{31r_\varepsilon Ra} \quad (60)$$

ou, pois $\frac{Ra}{Rt} = 0,256$, onde r_ε é raio arredondamento da ponta da ferramenta, Ra é profundidade de rugosidade e Rt é desvio médio aritmético de rugosidade; sendo Rt um parâmetro mais confiável na medição da rugosidade.

$$f_{sU} \leq 0,8 \left[\frac{8Ra10^{-3}}{2 * 0,256} \right]^{0,5} \quad (61)$$

Para $Ra \leq 3,2\mu m$ ou

$$f_{sU} \leq 0,8 \left[\frac{8 * 1,6 * Ra10^{-3}}{0,256} \right]^{0,5} \quad (62)$$

Para $Ra > 3,2\mu m$

- Restrição da profundidade de corte como função da dureza Brinell (BNH) do material e da rugosidade superficial Ra: $a_{psU} \leq \frac{32Ra}{BNH^{0,8}}$

Modelo Matemático

4.3.2 Restrições Miscelâneas

- Relacionamentos entre os parâmetros de desbaste e acabamento, segundo CHANG et al. (1998), são apresentados a seguir:

$$V_s > k_1 V_r ; f_r > k_2 f_s ; a_{pr} > k_3 a_{ps}$$

onde k_1, k_2, k_3 são coeficientes de relacionamento e $k_1, k_2, k_3 \geq 1$

- Restrição profundidade de corte total levando em conta a ocorrência de operações de desbaste e acabamento: a profundidade de corte de acabamento (a_{ps}) deve ser igual a máxima profundidade de corte a ser removida da peça bruta (a_p) menos o somatório da profundidade de corte para cada passe de desbaste. Os passes de desbaste podem ter a mesma profundidade de corte ou profundidades de cortes diferentes. Quando tiverem a mesma profundidade de corte a profundidade total será dada por $n * a_{pr}$. Quando as profundidades de corte forem diferentes, o somatório das profundidades de corte a ser removida nos n passes de desbaste será $\sum_{i=1}^n a_{pr(i)}$. Logo

$$a_{ps} = a_p - \sum_{i=1}^n a_{pr(i)} \text{ ou } a_{ps} = a_p - n * a_{pr} \quad (63)$$

Os limites para o número de passes de desbaste é dado por $N_L \leq n \leq N_U$

onde os limites superior e inferior do número de passes são

$$N_L = \frac{a_p - a_{ps}}{a_{prU}} , N_U = \frac{a_p - a_{ps}}{a_{prL}} \quad (64)$$

No caso do modelo trabalhar com a mesma profundidade de corte para os passes de desbaste, tem-se para cada possível profundidade de corte de acabamento (a_{ps}) uma correspondente profundidade de corte para desbaste, que pode ser calculado

$$a_{pr} = \frac{a_p - a_{ps}}{n} \quad (65)$$

Para o caso de passes de desbaste com profundidades diferentes, tem-se que o número tentativa de passes de desbaste ($n_{(i)}$) é calculado baseado na máxima profundidade de corte permitida para operações de desbaste (limite superior, a_{prU}) e na profundidade de corte para o passe de acabamento, que varia entre os limites superior e inferior da operação de acabamento, sendo:

$$n_{(i)} = \frac{a_p - a_{ps(i)}}{a_{prU}} \quad (66)$$

Desta forma teremos duas abordagens com profundidade de corte de desbaste fixo ou variável, aumentando a complexidade do modelo.

Algoritmo Genético: Metodologia de Otimização

5.1 Primeiro Estágio

Custos e tempos para passes individuais de desbaste e acabamento e suas velocidades de corte e avanços ótimas são determinados para valores fixos de profundidade de corte de acordo com a resolução determinada. No caso serão utilizados incrementos de 0,1 para operações de desbaste e acabamento. De uma forma geral a profundidade de corte para desbaste varia de 1,0 a 10,0 mm (101 opções de passes) e para acabamento de 0,2 a 2,0 mm (19 opções de passes).

O valor ótimo do avanço de acabamento (f_s) é selecionado em função do menor valor de avanço obtido do limite superior das restrições associadas ao avanço: $f_s^* = \min(f_s^1, f_s^2, f_s^3, f_s^4, f_s^5)$

Para f_s^* , T e a_{ps} determina-se a velocidade de corte ótima V_s^* através da equação de vida de Taylor, e o mínimo custo e/ou tempo para a operação de acabamento é calculado da função objetivo. Assim determina-se os parâmetros de corte otimizados, o mínimo custo e o mínimo tempo de produção para cada uma das opções de passes de acabamento, montando-se uma tabela de passe simples de acabamento para $a_{ps(j)}, V_{s(j)}, f_{s(j)}, UC_{s(j)}, UT_{s(j)}$ onde j varia de 1, 2, 3, ... s_{passe} .

Procedimento semelhante é adotado para as operações de desbaste, onde monta-se uma tabela de passe simples de desbaste para $a_{pr(j)}, V_{r(j)}, f_{r(j)}, UC_{r(j)}, UT_{r(j)}$ onde j varia de 1, 2, 3, ... r_{passe} .

5.2 Segundo Estágio

Neste estágio calcula-se o número de passes de desbaste (n_i), que pode variar em função do intervalo de profundidade de corte de acabamento definido. Deve-se arredondar o valor calculado de n_i , trabalhando-se com um número inteiro, para o intervalo determinado:

$$\frac{a_p - a_{psL}}{a_{prU}} \leq n_i \leq \frac{a_p - a_{psU}}{a_{prU}} \quad (67)$$



Algoritmo Genético: Segundo Estágio

- Segundo Estágio o GA é iniciado com um conjunto de profundidade de corte determinadas no primeiro estágio: com $(n + 1)$ passes;
- Cada cromossomo, uma *string*, é representado por uma coleção de $n + 1$ elementos (genes) correspondendo a $n + 1$ passes (n desbaste e 1 de acabamento);
- População inicial: 10 cromossomos.



Algoritmo Genético: Segundo Estágio

- Quatro operadores (população de uma geração):
 - Reprodução: seleção de pares via *Roulette Wheel* - função *Fitness*;
 - *Crossover*: uma troca de secções de cromossomos entre pares. probabilidade de *crossover* de 80% (PCROSS);
 - Mutação: probabilidade de mutação de 10% (PMUT);
 - Ajuste de valores no cromossomo: este quarto operador é introduzido a fim de ajustar os valores das *strings* dos genes para respeitar as três restrições impostas à função objetivo/fitness (segundo estágio).



Algoritmo Genético: Segundo Estágio

- Monta-se duas tabelas com as condições de corte otimizadas e custos para o intervalo de profundidades de corte admitido:

desbaste

acabamento

$ap_r (ij)$ (mm)	$V_r (ij)$ (m/min)	$f_r (ij)$ (mm/ver)	$UC_r (ij)$ (\$/peça)
1.0	130.15	0.9	1.22
1.1	128.16	0.9	1.27
....			
3.0	125.5	0.6	1.43

$ap_s (j)$ (mm)	$V_s (j)$ (m/min)	$f_s (ij)$ (mm/ver)	$UC_s (ij)$ (\$/peça)
0.4	209.12	0.27	1.56
0.5	198.15	0.27	1.57
....			
1.2	174.12	0.26	1.78



Algoritmo Genético

Função Fitness (roulette whell)

- $N_1 = (8 - 1,2)/3 = 2,26$ $N_u = (8 - 0.4)/3 = 2,53$
- Logo o número de passes será: $n=3$

i	String	UC _{total}	Fitness	Experado	Real
	4 passe, ap=8mm	UC _{mini}	UC _{maxi} =M-UC _{min}	$E_i = UC_{maxi} / U_{medio}$	
1	2.3 2.3 2.2 1.2	2.913	0.078	1.748	2
2	2.1 3.0 1.7 1.2	2.958	0.33	0.739	1
3	1.4 2.4 3.0 1.2	2.991	0	0	0
....					
10	2.5 2.9 1.6 1.0	2.982	0.009	0.201	0



GA MatLab ToolBox

Genetic Algorithm Tool

File Help

Fitness function: @custo

Number of variables: 4

Plots

Plot inter... 1

Best fitness Best individual Distance
 Expectation Genealogy Range
 Score diversity Scores Selection
 Stopping
 Custom function:

Run solver

Use random states from previous run

Start Pause Stop

Current generation: 100

Status and results:

GA running.
 GA terminated.
 Fitness function value: 0.44315882856681
 Optimization terminated:
 maximum number of generations exceeded.

Final point:	1	2	3	4
	0.14438	0.04554	0.033	0.22024

Export to Workspace

Genetic Algorithm

File Edit View Insert Tools Window Help

Best: 0.44316 Mean: 1.7137

Current Best Individual

Average Distance Between Individuals

Number of variables (4)

Best, Worst, and Mean Scores

Raw scores Score Histogram

Fitness of Each Individual

generation selection roulette Selection

Stopping Criteria

stop



Linearização WorkPlan

Workingsteps	1	2	3	4	n
Workplan não linear					
1	3	6		5	7
2		2	3	4	5
3	10	20	30		10
4		13	12	16	18
j	10	5	10		3

$$CW = \sum_{i=1}^n (CustoWorkingstep_i) + \sum_{i=1}^{n-1} (CustoSetup_{i \rightarrow i+1} * \Omega (Workingstep_i, Workingstep_{i+1})) \quad (7.67)$$

$$TW = \sum_{i=1}^n (TempoWorkingstep_i) + \sum_{i=1}^{n-1} (TempoSetup_{i \rightarrow i+1} * \Omega (Workingstep_i, Workingstep_{i+1})) \quad (7.68)$$

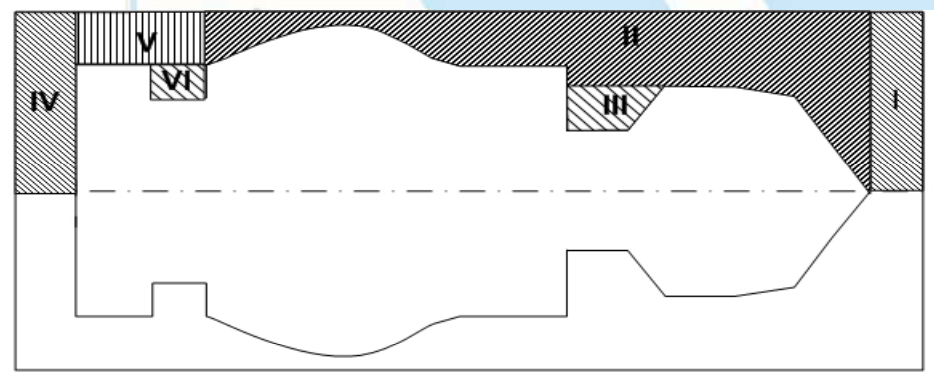
sendo $CustoSetup_{i \rightarrow i+1}$ ou $TempoSetup_{i \rightarrow i+1}$ o custo ou tempo de *setup* para trocar do $Workingstep_i$ para o $Workingstep_{i+1}$ (7.69) e n o número de *workingstep* do *workplan*:

$$\Omega (x, y) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \neq y \\ 0, & \text{se } x = y \end{cases} \quad (7.69)$$





GA Linearização WorkPlan



(a)

Nº	Operação	Duração
1	Facear G75	60
2	Tornear Desbaste G71	74
3	Sangrar G72	161
4	Tornear Acabamento G70	122
5	Sangrar Acabamento G70	172
6	Tornear Desbaste G71	150
7	Sangrar G72	145
8	Tornear Acabamento G70	77
9	Sangrar Acabamento G70	77

(b)

I: Faceamento G75 (1) **Setup1**

II: Tornear Desbaste G71 (2) **ou** Sangrar G72 (3)

II: Tornear Acabamento G70 (4) **ou** Sangrar Acabamento G70 (5)

III: Tornear Desbaste G71 (6) **ou** Sangrar G72 (7)

III: Tornear Acabamento G70 (8) **ou** Sangrar Acabamento G70 (9)

(c)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Facear G75	na	3	5	na	na	na	na	na	na
2	Tornear Desbaste G71	na	na	na	3	15	na	na	na	na
3	Sangrar G72	na	na	na	15	5	na	na	na	na
4	Tornear Acabamento G70	na	na	na	na	na	3	15	na	na
5	Sangrar Acabamento G70	na	na	na	na	na	15	5	na	na
6	Tornear Desbaste G71	na	na	na	na	na	na	na	3	15
7	Sangrar G72	na	na	na	na	na	na	na	15	5
8	Tornear Acabamento G70	na	na	na	na	na	na	na	na	na
9	Sangrar Acabamento G70	na	na	na	na	na	na	na	na	na

(d)

String Nº	String	Valor
1	1,2,4,6,8	515
2	1,3,5,7,9	635

(e)

String de crossover			
Pai 1	Pai 2	Pontos Cruzados	Filho 1
1,2,4,6,8	1,3,5,7,9	2,5	1,3,4,6,9

(f)

String de mutação		
String	Resultado da string	Exequível?
1,2,4,6,8	1,2,4,6,9	Sim

(g)



Algoritmo 5 Programa em Java para construção de blocos em código G.

```
codigoIntermediario.add(getLinhaDoCodigoG() +  
"(Operacao - CICLO FIXO G71 TIPO1 DESBASTE E G70 ACABAMENTO");  
//Ir para o plano de seguranca  
_codigoIntermediario.add(getLinhaDoCodigoG() + "G0X" + WS.planoDeSeguranca.x + "Z"  
"Z" + (*blankUtilizado.L1 +*/ WS.planoDeSeguranca.z));  
//Adiciona a primeira linha do ciclo fixo  
//adiciona um pedaço da segunda linha do ciclo fixo  
_codigoIntermediario.add(getLinhaDoCodigoG() + "G71U" + U + "R" + R);  
P = numeroDaLinha+20;  
String tmp = getLinhaDoCodigoG() + "G71P" + P;  
//Coloca no _codigoIntermediario o plano de Aproximacao  
_codigoIntermediario.add(getLinhaDoCodigoG() + "G0X" + WS.planoDeAproximacao.x);  
_codigoIntermediario.add(getLinhaDoCodigoG() + "G42");  
_codigoIntermediario.add(getLinhaDoCodigoG() + "G1W-10.0");
```

- G75: Ciclo de faceamento;
- G77: Ciclo de desbaste longitudinal;
- G77: Ciclo de desbaste cônico;
- G79: Ciclo de desbaste transversal;
- G79: Ciclo de desbaste cônico;
- G83: Ciclo de furação axial (ferramenta não-acionada);
- G84: Ciclo de rosqueamento com macho rígido axial (ferramenta não-acionada);
- G86: Ciclo de mandrilamento ou alargamento axial;
- G63: Ciclo zeração de ferramentas automático (utilizando *tooleye*).





Geração Código G

- G76: Ciclo automático de rosca;
- G78: Ciclo de rosca semi-automático;
- G70: Ciclo de acabamento, após utilização dos ciclos de desbaste G71, G72 e G73;
- G71 (Tipo I): Ciclo de desbaste automático longitudinal com pré-acabamento (perfil com aumento (perfil externo) ou diminuição (perfil interno) uniforme ao longo do eixo X), não permitindo *cut-in* e *cut-out* ao longo do eixo X;
- G71 (Tipo II): Ciclo de desbaste automático longitudinal com pré-acabamento, permitindo *cut-in* e *cut-out* de até dez concavidades (operações de mergulho);
- G72: Ciclo automático de desbaste transversal com pré-acabamento;
- G73: Ciclo automático de desbaste paralelo ao perfil final (utilizado para *blanks* fundidos e forjados);
- G74: Ciclo de furação axial (ferramenta acionada);
- G87: Ciclo de furação radial (ferramenta acionada);
- G74: Ciclo de desbaste longitudinal;





Abordagem Lógica – Peça Exemplo



CAPP – Aderente STEP-NC

1. Mapeamento de *features* de projeto para features de manufatura (usinagem);
2. determinação das operações de usinagem com alternativa, associadas às features de usinagem (*workingsteps*);
3. determinação da seqüência de usinagem com alternativas (*workplan* não linear);
4. estratégias para geração de trajetórias de ferramentas;
5. determinação das ferramentas de corte (insertos e suportes);
6. determinação do modelo de tempos e cálculo dos tempos padrão e custo padrão para cada *workingstep*;
7. determinação das condições tecnológicas de usinagem otimizadas utilizando algoritmos genéticos;
8. linearização do plano de processos não linear baseado algoritmos genéticos;
9. geração do programa NC (ISO 6983);
10. geração de relatórios e plano de processo.



Abordagem Lógica – Peça Exemplo



WebCADbyFeatures - WebMachining Project

System OO: File Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

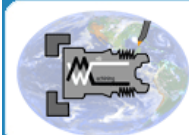
VRML - NOW! CAPP - NOW!

Choose Region:
 External Internal Non Symetric

Maximum Length: 85.0
Partial Length: 0.0
Maximum Diameter: 80.0

0,1 A
0,1 M

Blank Labels Diameter Grid Off Move Origin to Z: X: Zoom 1268.1 %



e-manufacturing

achining - Konqueror

ão Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

ização:

Métodos e Algoritmos CAPP



Algoritmo 6 Principais passos para implementação do WebCAPP.

1. *Normalização do vetor de features (biblioteca de features)*
 2. *Cria vetor “_featureInvertida”*
 3. *DecomposiçãoOrientadaASetup*
 - 3.1 *faz a separação por setup*
 - 3.2 *ordena os setups*
 - 3.3 *escolhe a featureDeFixação de cada um dos setups*
 - 3.4 *seleciona qual o vetor de features (normal ou o invertido) a ser utilizado para perfil interno ou externo crescente*
 - 3.5 *armazenar dados no vetor de Setups*
 4. *DecomposiçãoOrientadaAGeometria: cria features de usinagem*
 5. *DecomposiçãoOrientadaAOperação: cria Workingsteps*
 6. *Gera OtimizaçãoCondiçõesdeUsinagem*
 7. *Lineariza Workplan*
 8. *Gera Programa NC*
 9. *Documentação XML*
-

Algoritmo 9 Algoritmo para definir candidatas à superfícies de fixação (*features* internas e externas) para o *Setup1* e *Setup2*.

SuperfícieDeFixação ();

GeometriaBlank ();

GeometriaPeça ();

IF (GeometriaBlank = Barra) THEN "Fixação OD_{LE} (OD Lado Esquerdo) ou OD_{LD} (OD Lado Direito) só Região externa é Viável";

IF (GeometriaBlank = Tubo) THEN "Fixação OD/ID_{LE} (OD/ID Lado Esquerdo) ou OD/ID_{LD} (OD/ID Lado Direito) são Viáveis, OD e ID";

VerificarRestriçõesOD ();

ComprimentoOD \geq 5 mm;

VerificarRestriçõesID ();

ComprimentoID \geq 5 mm;

VerificarGeometriaCastanhaPlaca ();

ElegerMelhoresCandidatasSuperfícieDeContato ();



Algoritmo 10 Algoritmo para agrupamento de *features* no *Setup1* e *Setup2*.

```
InícioAgrupamentoFeaturesDoisSetups ();  
GeometriaPeçaAcabada();  
GeometriaBlank();  
IF (GeometriaBlank = (BarraCilíndrica or Tubo));  
THEN "Setup Esquerdo ou Direito Admissível, Analisar GeometriaPeçaAcabada, LinhaDelimitadora e AgrupamentoEmDoisSetups";  
IF (GeometriaBlank = (Fundido or PréUsinado)) ;  
THEN "Assumir que GeometriaBlank Será igual à GeometriaPeçaAcabada + SobreMaterial, Visando Usinagem";
```

Algoritmo 11 Algoritmo para determinação das linhas delimitadoras (LD) e agrupamento de *features*.

```
DeterminaçãoGruposFeatures ();  
IF (NúmeroFeaturesODMaiorDiâmetro = 1)  
THEN "NúmeroLDexterna = 2 e ODMaiorDiâmetro será a feature externa escolhida para agrupamento à esquerda e à direita (região externa)";  
ELSE "NúmeroLDexterna = 2 * NúmeroFeaturesODMaiorDiâmetro e teremos várias candidatas para agrupamento à esquerda e à direita";  
IF (NúmeroFeaturesIDMenorDiâmetro = 1)  
THEN "NúmeroLDinterna = 2 e IDMenorDiâmetro será a feature interna escolhida para agrupamento à esquerda e à direita (região interna)";  
ELSE "NúmeroLDinterna = 2 * NúmeroFeaturesIDMenorDiâmetro e teremos várias candidatas para agrupamento à esquerda e à direita";  
SWITCH (NúmeroOD, NúmeroID)  
case 1 (NúmeroOD = 1 e NúmeroID = 0);  
case 2 (NúmeroOD > 1 e NúmeroID = 0);  
case 3 (NúmeroOD = 1 e NúmeroID = 1);  
case 4 (NúmeroOD > 1 e NúmeroID > 1);  
case 5 (NúmeroOD = 0 e NúmeroID = 1);  
case 6 (NúmeroOD = 0 e NúmeroID > 1);
```



Métodos e Algoritmos CAPP



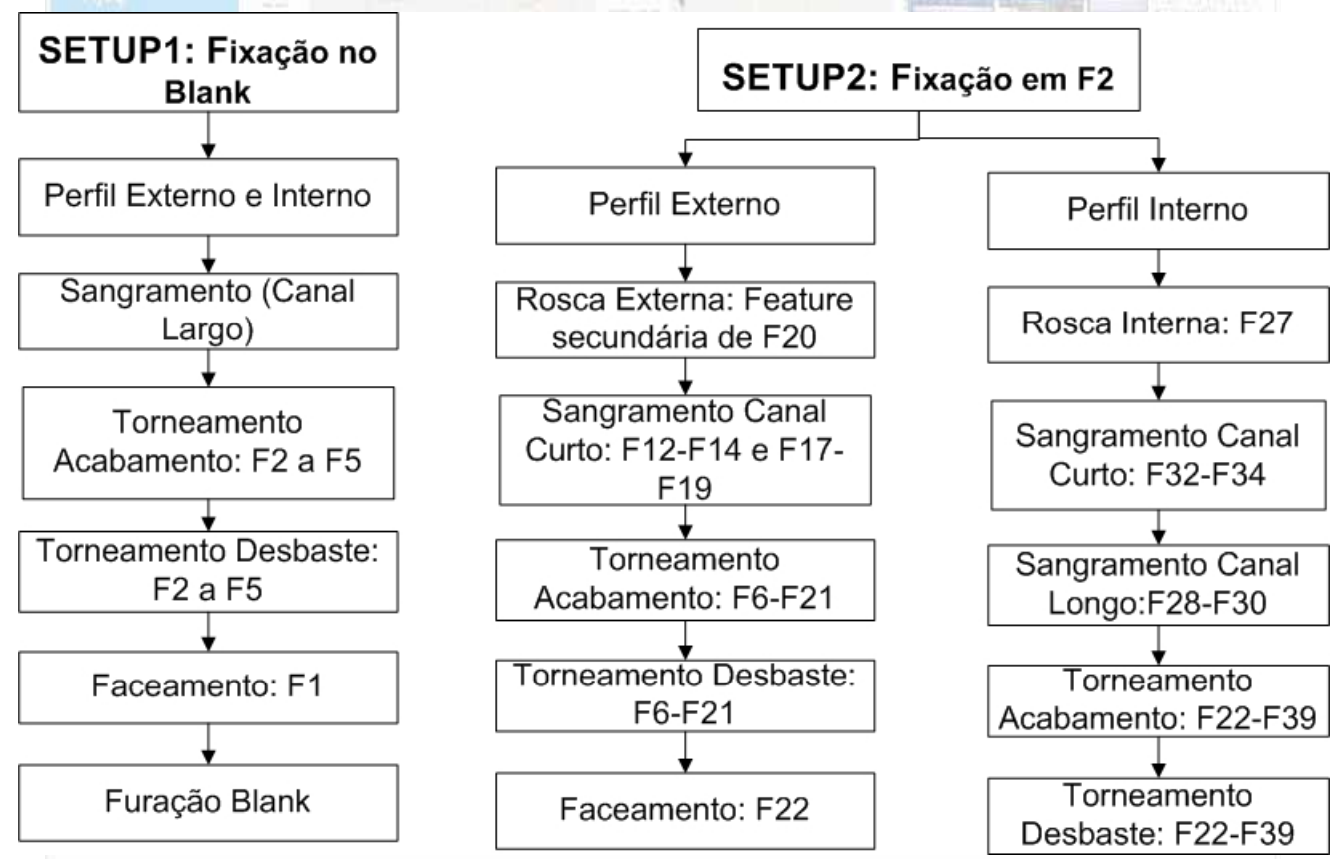
#1=workplan principal (#2,#3);

#2=workplan blank (#4);

#3=workplan peça_acabada (#5);

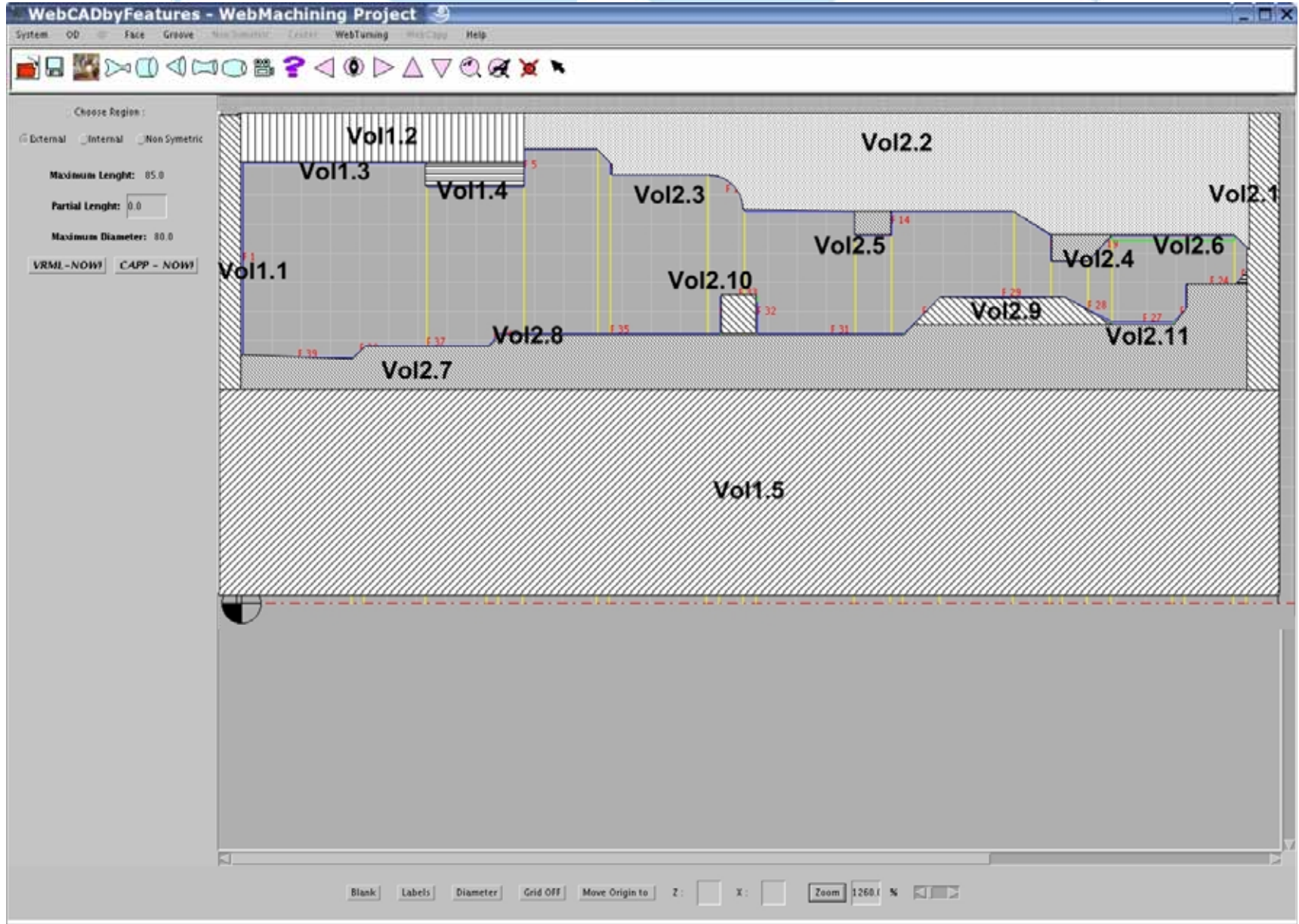
#4=Setup1 (F1-F5, fixado no diâmetro 85 mm);

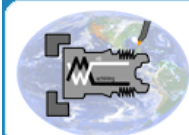
#5=Setup2 (F6-F22 (features externas) e F23-F39 (features internas), fixado em F2);





Métodos e Algoritmos CAPP





e-manufacturing

Machining - Konqueror

Arquivo Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

Criação:

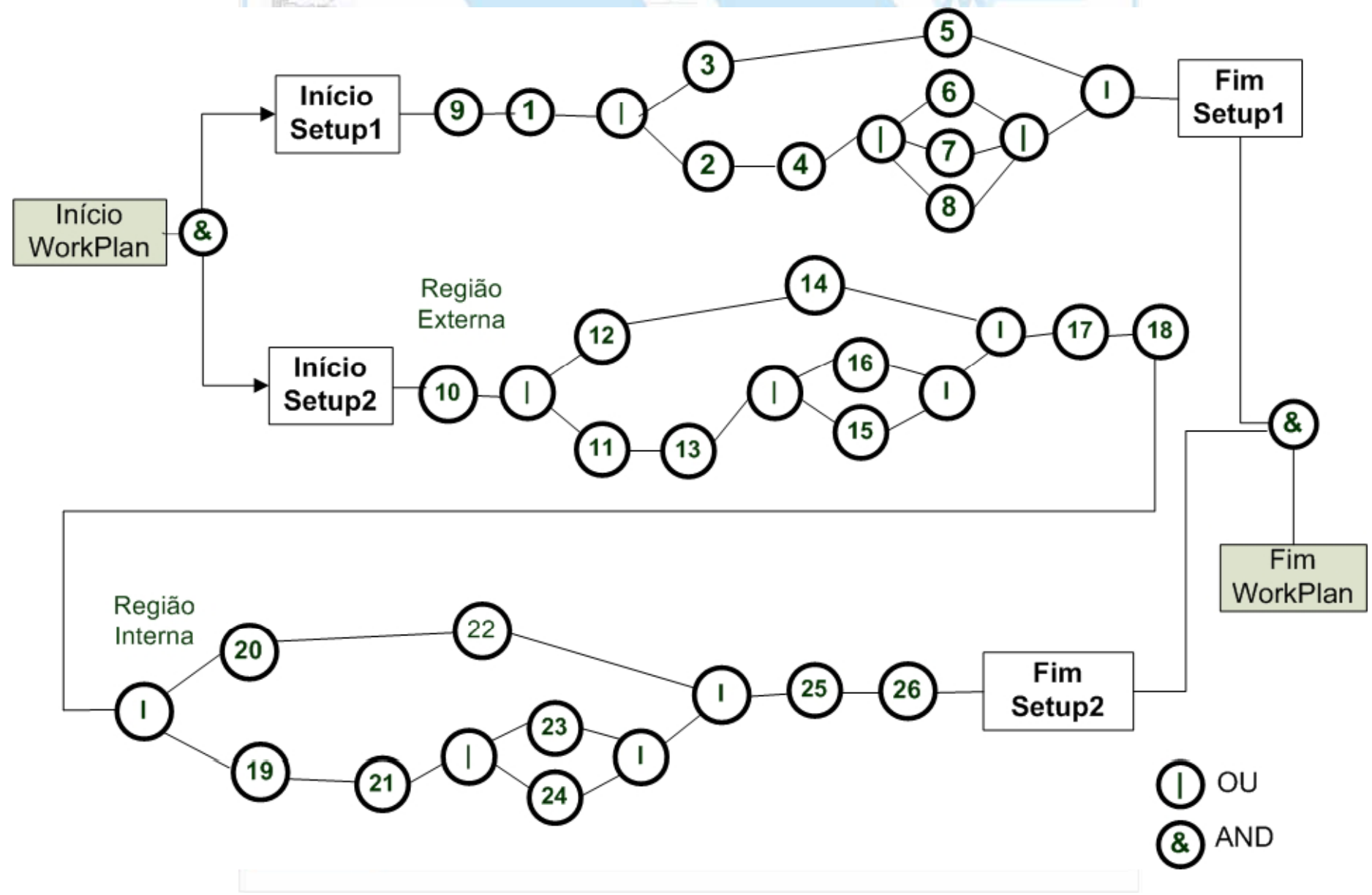
Métodos e Algoritmos CAPP



WID	Feature_Projeto (F)	Feature_usinagem (Fu)	Volume_Usinagem (V)	Operação de Usinagem
1	F1	Face - Fu1.1	Face - V1.1	Faceamento - G75
2	F2-F5	OD - Fu1.2a	OD - V1.2a	Tornear Desbaste - G71 Tipo I
3	F2-F5	OD - Fu1.2b	OD - V1.2b	Tornear Desbaste - G71 Tipo II
4	F2-F5	OD - Fu1.3	OD - V1.3	Tornear Acabamento - G70
5	F3-F5	Groove - Fu1.4a	Canal Longo - V1.4a	Tornear G71 Tipo II e G70
6	F3-F5	Groove - Fu1.4b	Canal Longo - V1.4b	Tornear Zig-Zag - Manual
7	F3-F5	Groove - Fu1.4c	Canal Longo - V1.4c	Sangramento - G72 e G70
8	F3-F5	Groove - Fu1.4d	Canal Longo - V1.4d	Tornear Intermediário - Setup2
9	F39	ID - Fu1.5	Furo - V1.5	Furação - G83
10	F23	Face - Fu2.1	Face - V2.1	Faceamento - G75
11	F6-22	OD - Fu2.2a	OD - V2.2a	Tornear Desbaste - G71 Tipo I
12	F6-22	OD - Fu2.2b	OD - V2.2b	Tornear Desbaste - G71 Tipo II
13	F6-22	OD - Fu2.3	OD - V2.3	Tornear Acabamento - G70
14	F18-20	Groove Externo- Fu2.4a	Canal Longo - V2.4a	Tornear G71 Tipo II e G70
15	F18-20	Groove Externo- Fu2.4b	Canal Longo - V2.4b	Tornear Zig-Zag - Manual
16	F18-20	Groove Externo- Fu2.4c	Canal Longo - V2.4c	Sangramento - G72 e G70
17	F13-15	Groove Externo- Fu2.5	Canal Curto - V2.5	Sangramento - G75
18	F21	Rosca - Fu2.6	Rosca - V2.6	Rosqueamento - G76
19	F24-39	ID - Fu2.7a	ID - V2.7b	Tornear Desbaste - G71 Tipo I
20	F24-39	ID - Fu2.7b	ID - V2.7b	Tornear Desbaste - G71 Tipo II
21	F24-39	ID - Fu2.8	ID - V2.8	Tornear Acabamento - G70
22	F29-31	Groove Interno- Fu2.9a	Canal Longo - V2.9a	Tornear G71 Tipo II e G70
23	F29-31	Groove Interno- Fu2.9b	Canal Longo - V2.9b	Sangramento - G72 e G70
24	F29-31	Groove Interno- Fu2.9c	Canal Longo - V2.9c	Tornear Zig-Zag - Manual
25	F35-35	Groove Interno - Fu2.10	Canal Curto - V2.10	Sangramento - G75
26	F27	Rosca Interna - Fu2.11	Rosca Interna - V2.11	Rosqueamento - G76



Métodos e Algoritmos CAPP

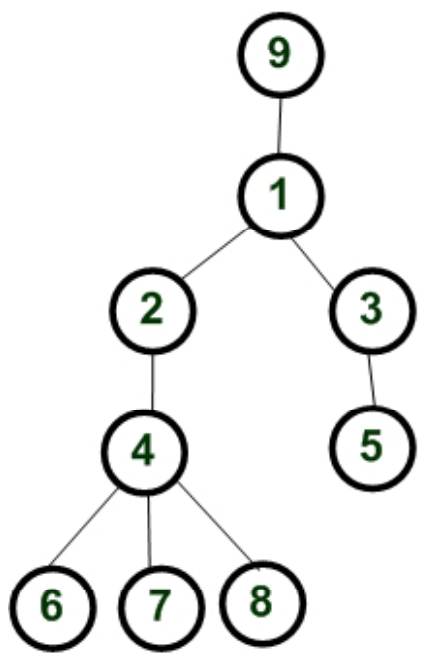




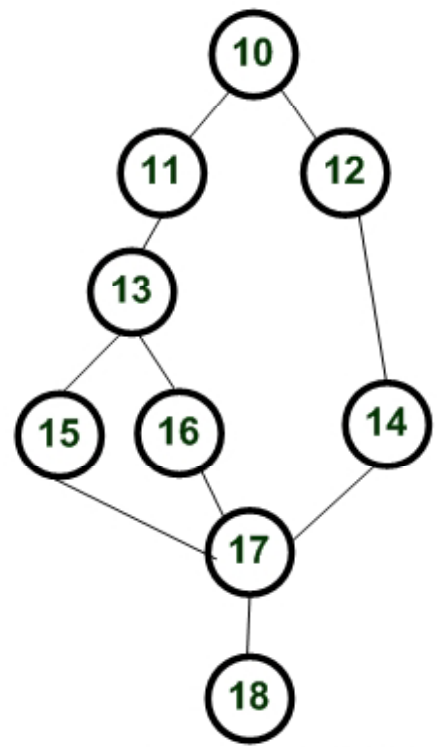
Métodos e Algoritmos CAPP



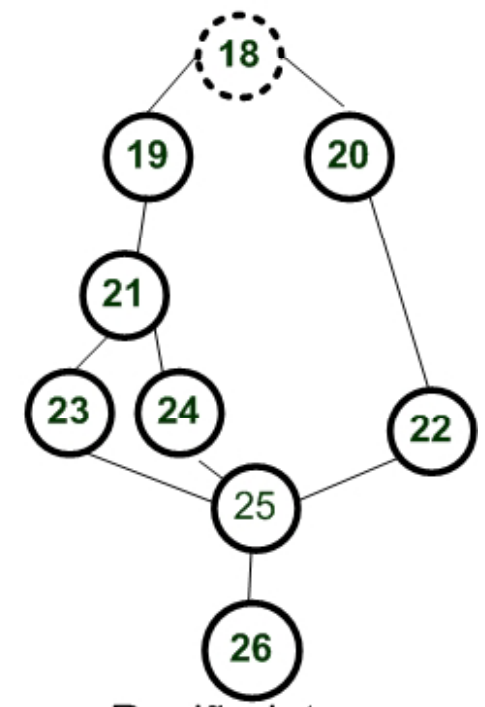
Setup1



Setup2

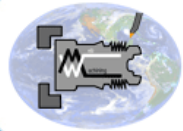


Região Externa



Região Interna





Métodos e Algoritmos CAPP

Algoritmo 13 Estrutura para algoritmo macroplanejamento.

```
MacroPlanejamento();  
RoteamentoPadrão();  
PlanoRegiãoInternaAcabamento();  
PlanoRegiãoInternaDesbaste();  
PlanoRegiãoExternaAcabamento();  
PlanoRegiãoExternaDesbaste();  
PlanoFuraçãoCorrelatasAxial();  
PlanoFuraçãoCorrelatasRadial();  
PlanoFresamentoAxial();  
PlanoFresamentoRadial();
```

Algoritmo 14 Algoritmos para atividade de macroplanejamento de operações de usinagem.

```
RoteamentoPadrão();  
análiseTolerânciaDimensional();  
análiseRugosidade();  
análiseTolerânciasFormaPosição();  
definiçãoSobreMaterial();  
PlanoRegiãoInternaAcabamento();  
planoAlargador();  
planoRosqueamento();  
planoTorneamentoAcabamento();  
planoFaceamentoAcabamento();  
planoPerfilamentoAcabamento();  
planoGrooveComplexoAcabamento();  
planoSplineVirtualAcabamento();  
PlanoRegiãoExternaAcabamento();  
planoRosqueamento();  
planoRecartilhamento();  
planoTorneamentoAcabamento();  
planoFaceamentoAcabamento();  
planoPerfilamentoAcabamento();  
planoGrooveComplexoAcabamento();  
planoSplineVirtualAcabamento();  
PlanoRegiãoInternaDesbaste();  
planoGrooveSimplex();  
planoGrooveComplexo();  
planoFuraçãoAxial();  
planoTorneamentoDesbaste();  
planoFaceamentoDesbaste();  
planoPerfilamentoDesbaste();  
planoGrooveComplexoDesbaste();  
planoSplineVirtualDesbaste();  
PlanoFuraçãoCorrelatosAxial();  
planoFuraçãoAxial();  
planoAlargadorAxial();  
planoRosqueamentoMachoAxial();  
PlanoFuraçãoCorrelatosRadial();  
planoFuraçãoRadial();  
planoAlargadorRadial();  
planoRosqueamentoMachoRadial();  
PlanoFresamentoRadial();  
planoFresamentoRadialHelicoidal();  
planoFresamentoRadialCoordenadaCilindrica();  
planoChanfrarEscareadorRadial();  
PlanoFresamentoAxial();  
planoFresamentoAxialCircular();  
planoFresamentoAxialCoordenadaPolar();  
planoChanfrarEscareadorAxial();
```



Algoritmo 16 Estruturas para microplanejamento de operações de usinagem.

OperaçãoChanfrarEscareadorRadial();
OperaçãoChanfrarEscareadorAxial();
acharFeatureUsinagem();
gerarPerfilFresamento();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGManual();

OperaçãoFresamentoRadialCoordenadaCilíndrica();
acharFeatureUsinagem();
gerarPerfilFresamento();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGManualG07.1();

OperaçãoFuraçãoAxial();
acharMenorDiâmetro();
gerarPerfilFuro();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG83();

OperaçãoFresamentoAxialCoordenadaPolar();
acharFeatureUsinagem();
gerarPerfilFresamento();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGManualG12.1();

OperaçãoGrooveSimplesInternoExterno();
OperaçãoCortePeça();
Largura_Canal_Curto ≤ 10 mm;
gerarPerfilGroove();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG75();

OperaçãoGrooveSimplesInternoExterno();
OperaçãoCortePeça();
Largura_Canal_Curto ≤ 10 mm;
gerarPerfilGroove();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG75();



Métodos e Algoritmos CAPP



Algoritmo 15 Estruturas para microplanejamento de operações de usinagem.

OperaçãoAlargadorRadial();
gerarPerfilFuroAlargado();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG85();

OperaçãoFuraçãoRadial();
acharFeatureFuro();
gerarPerfilFuroRadial();
OselecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG87();

OperaçãoRosqueamentoMachoRadial();
gerarPerfilFuroMachoRadial();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGM60M29();

OperaçãoRecartilhado();
acharFeatureRecartilhado();
gerarPerfilRecartilhado();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG75();

OperaçãoTorneamentoAcabamentoInternoExterno();
OperaçãoPerfilamentoAcabamentoInternoExterno();
OperaçãoFaceamentoAcabamentoInternoExterno();
OperaçãoGrooveComplexoAcabamentoInternoExterno();
OperaçãoSplineVirtualAcabamentoInternoExterno();
acharFeaturesAcabamento();
gerarPerfilAcabamento();
especificarOperaçãoAcabamento();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG70();

OperaçãoAlargadorAxial();
 $Diâmetro_Furo \leq Diâmetro_Limite_Barra_Mandrilar$;
gerarPerfilAlargador();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG85();

OperaçãoGrooveComplexoDesbasteInternoExterno();
OperaçãoSplineVirtualDesbasteInternoExterno();
gerarPerfilGrooveComplexo();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG71TipoII();
gerarCodigoGCicloFixoG72();
gerarCodigoGManual();

OperaçãoTorneamentoDesbasteInternoExterno();
acharListaFeaturesTorneamento();
gerarPerfilTorneamento();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG71TipoI();
gerarCodigoGCicloFixoG71TipoII();
gerarCodigoGManual();

OperaçãoPerfilamentoDesbasteInternoExterno();
acharListaFeaturesUnidirecional();
gerarPerfilTorneamento();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG73();
gerarCodigoGManual();

OperaçãoFaceamentoDesbasteInternoExterno();
acharListaFeaturesTorneamento();
gerarPerfilFaceamento();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGCicloFixoG72();
gerarCodigoGCicloFixoG75();

OperaçãoFresamentoRadialHelicoidal();
OperaçãoFresamentoAxialCircular();
acharFeatureUsinagem();
gerarPerfilFresamento();
selecionarFerramentas();
calcularCondiçõesUsinagemOtimizadas();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGManual();
calcularTempoCusto();
gerarCodigoGManualG07.1();

Algoritmo 17 Estrutura *Workingstep*.

```
Workingstep();  
featureDoWorkingstep : featureDeUsinagem();  
operaçãoDeUsinagem : operaçãoDeUsinagem[] ();  
planoDeAproximação();  
planoDeSegurança();
```

Algoritmo 18 Estratégia para movimentação de ferramenta associada aos *Workingsteps* utilizando ciclos fixos.

Posiciona no plano de segurança da peça em avanço rápido;

Desloca para o plano de aproximação do Workingstep em avanço rápido;

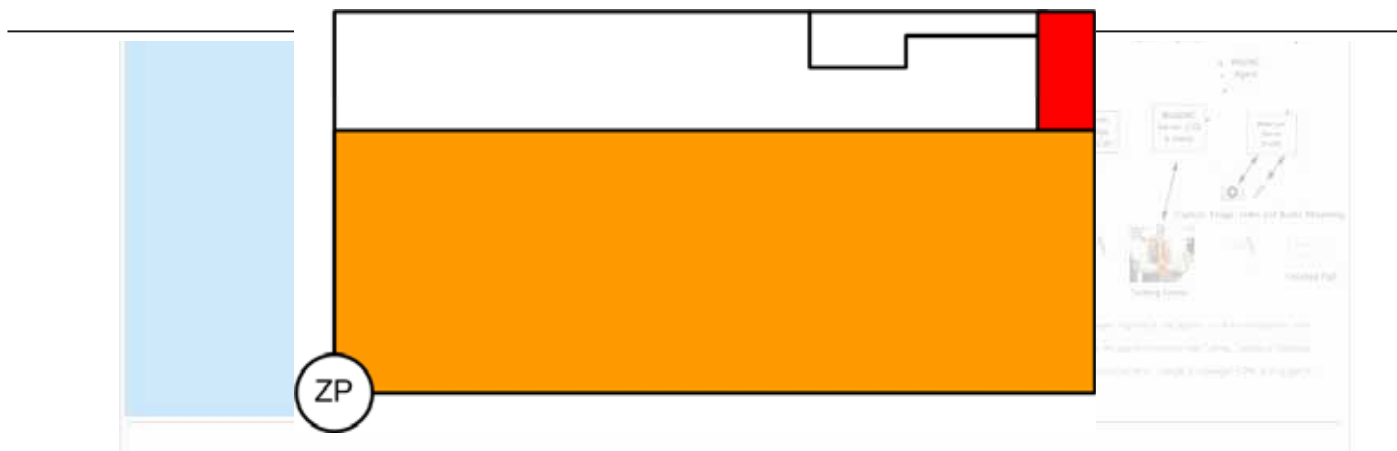
Chama definição do ciclo fixo de desbaste (G71 - W2);

Posiciona em avanço rápido no início do posicionamento de usinagem, já estando dentro do ciclo fixo G71;

Em avanço programado (interpolação linear ou circular) inicia-se a definição de movimentação para a ferramenta percorrer o perfil da peça, associado a feature de torneamento do workingstep;

Após definição do perfil da peça, chama-se o ciclo fixo de acabamento (G70 - W3);

Ao concluir a usinagem, a ferramenta é posicionada no plano de aproximação do workingstep (avanço rápido);

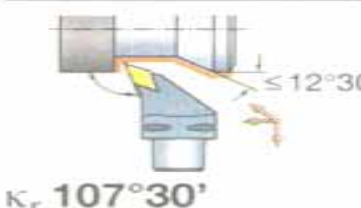
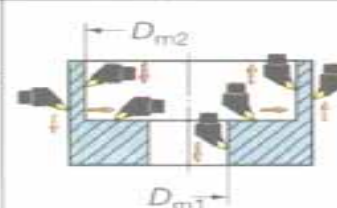
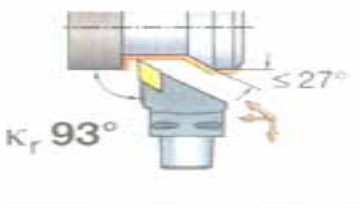
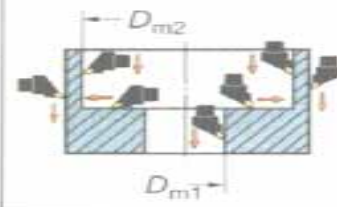
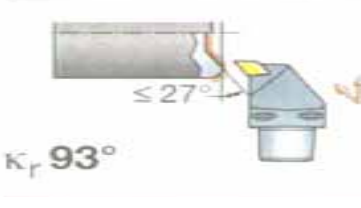
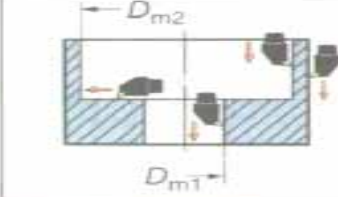


Métodos e Algoritmos CAPP

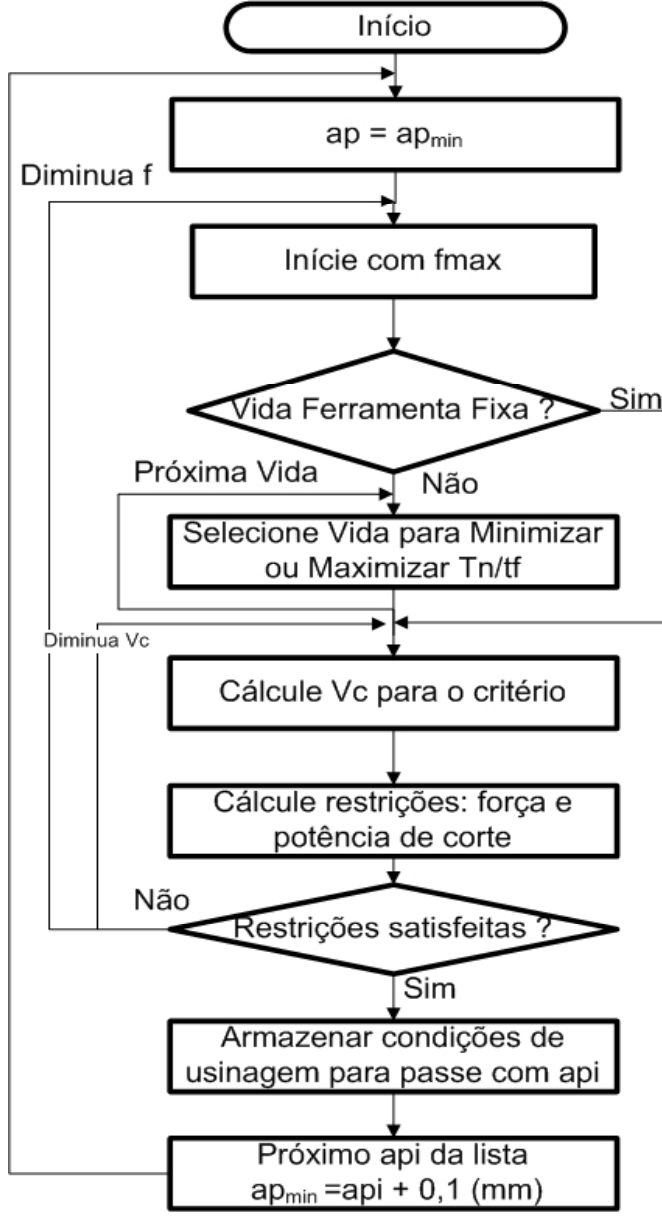
Código_Porta-Ferramenta	Tornear_Sentido	Facear	Chanfro	χ_r (Cut-out)	Mergulho (Cut-in)
DDJNL	esquerda	+90	null	93	≤ 27
DCKNL	null	- 90	15	75	null
DWLNL	esquerda	± 90	null	63	null

SELECT código_porta_ferramenta *FROM* tabela_porta_ferramenta *WHERE* mergulho ≤ 25 *AND* torneamento_sentido = esquerda *AND* cut_out ≤ 90

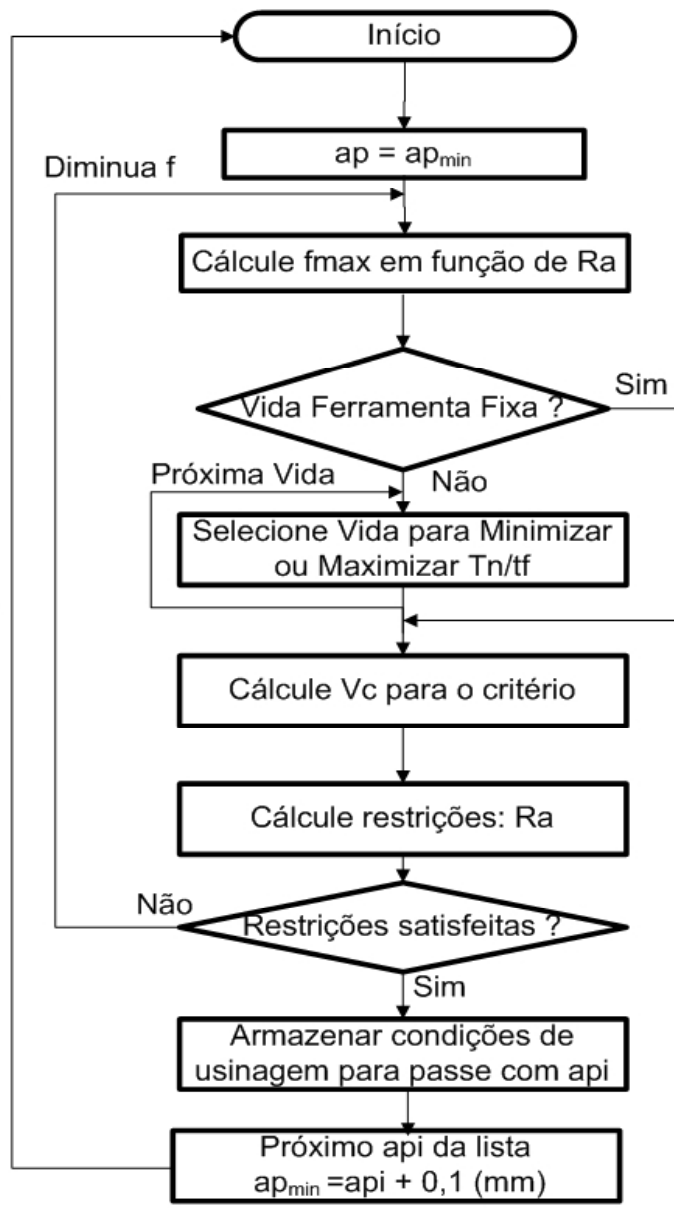
Códigos para pedido

Aplicação principal	Uso alternativo	Código	Lista de Códigos
		15	C4-DDHNR/L-27055-15 C5-DDHNR/L-35060-15
		11	C4-DDJNR/L-27050-11 C5-DDJNR/L-35060-11 C6-DDJNR/L-45065-11
		15	C4-DDJNR/L-27055-15 C5-DDJNR/L-35060-15 C6-DDJNR/L-45065-15 C8-DDJNR/L-55080-15
		15	C5-DDUNR/L-35060-15 C6-DDUNR/L-45065-15 C8-DDUNR/L-55080-15

Métodos e Algoritmos CAPP



a) Desbaste



b) Acabamento



Algoritmo 19 Cálculo de tempos para *Workingsteps* baseado na área de usinagem da *feature* de torneamento.

calcula-se as áreas das features de usinagem ou de torneamento;

calcula-se o tempo de usinagem associado aos Workingstep

a partir da área da feature de usinagem ou de torneamento;

estima-se que os tempos secundários associados a G00 é de 5% do tempo principal de usinagem;

computa-se o tempo total de usinagem para cada Workingstep associado

à feature de usinagem ou de torneamento;

$$A_{Fu2.2} = 56 * 5 + 4 * 50 + 11 * 40 + 15 * 3 = 970 \text{ mm}^2 : t_{w2.2} = \frac{970}{N * a_p * f} * 60$$

$$A_{Fu2.3} = 0,4 * \left(49 + \frac{(80-60)+2,2}{2}\right) = 24,04 \text{ mm}^2 : t_{w2.3} = \frac{20,4}{N * a_p * f} * 60$$

passo (j)	ap (mm)	Vc (m/min)	f (mm/rot)	Tempo usinagem (s)	Ra (μm)
1	0,4	315	0,3	0,14	1,91
2	0,5	305	0,3	0,15	1,91
3	0,6	300	0,3	0,15	1,91
4	0,7	295	0,3	0,15	1,91
5	0,8	290	0,3	0,15	1,91
6	0,9	285	0,3	0,15	1,91
7	1,0	285	0,3	0,16	1,91
8	1,1	285	0,3	0,16	1,91
9	1,2	285	0,3	0,16	1,91
10	1,3	285	0,3	0,16	1,91
11	1,4	285	0,3	0,16	1,91
12	1,5	285	0,3	0,16	1,91



Métodos e Algoritmos CAPP

passo (j)	ap (mm)	Vc (m/min)	f (mm/rot)	Tempo usinagem (s)	Potência (KW)
1	0,5	235	0,5	0,11	2,2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
6	1,0	230	0,5	0,12	4
7	1,1	230	0,5	0,12	4,4
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
16	2	230	0,5	0,12	7,6
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
22	2,6	230	0,5	0,12	9,8
23	2,7	230	0,5	0,12	10
24	2,8	240	0,45	0,12	10
25	2,9	255	0,40	0,13	10
26	3,0	265	0,35	0,14	10

re(mm)	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
fmax (mm/rot)	0,25-0,35	0,4-0,7	0,5-1	0,7-1,3	1,0-1,8

$$T_R = t_e \frac{T_M}{t_t}, UT = T_M + T_I + (t_e \frac{T_M}{t_t}), UC = k_o T_M + k_o T_I + k_o (t_e \frac{T_M}{t_t}) + K_t (\frac{T_M}{t_t})$$





Métodos e Algoritmos CAPP

$$\frac{ap - ap_{sU}}{ap_{rU}} \leq n_i \leq \frac{ap - ap_{sL}}{ap_{rU}} \therefore \frac{12,5 - 1,5}{3} \leq n_i \leq \frac{12,5 - 0,4}{3} \therefore 3,7 \leq n \leq 4,03$$

Tabela 8.7: Possibilidades de ap_s e ap_r para a peça exemplo: $ap_r = \frac{12,5 - ap_s}{4}$

$ap_s(mm)$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$ap_r(mm)$	3,03	3	2,97	2,95	2,92	2,9	2,87	2,85	2,82	2,8	2,77	2,75



Desbaste: $0,5 \leq ap_r \leq 3$ mm, ou seja: $ap_r = (0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, \dots, 3)$

Acabamento: $0,4 \leq ap_s \leq 1,5$ mm, ou seja: $ap_s = (0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, \dots, 1,5)$

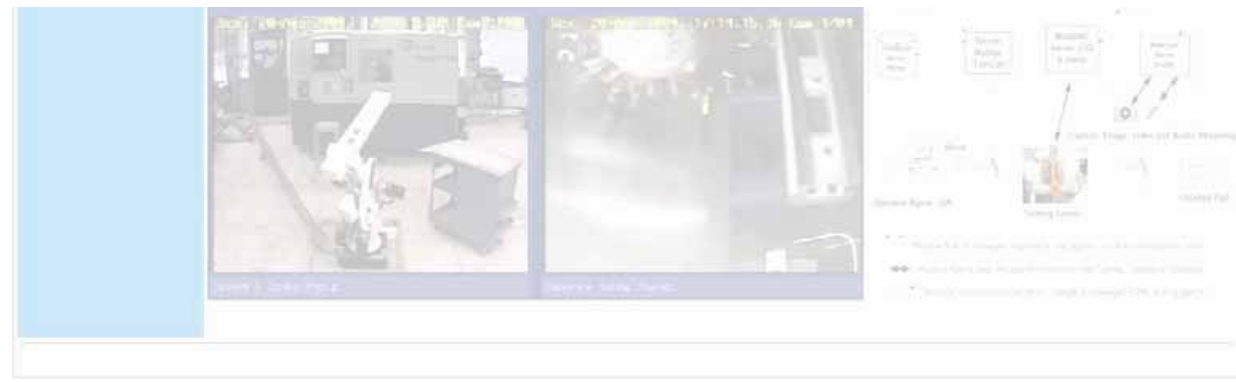




Tabela 8.8: População inicial de cromossomos, função *fitness*, valor esperado e valor real baseado no método da roleta (probabilidade de um indivíduo ser melhor que outro).

<i>n. Cromossomo</i> (<i>i</i>)	<i>Cromossomo</i>	<i>Tempo Total</i> (<i>Tmin</i>) <i>i</i>	<i>Valor Fitness</i> (<i>Tfitness</i>) <i>i</i> - <i>Tmax</i> -(<i>Tmin</i>) <i>i</i>	<i>Valor Esperado</i> $E_i = (T_{fitness})_i / \sum T_{fitness}$	<i>Valor Real</i> <i>Treal</i>
1	3.03, 3.03, 3.03, 3.01, 0.4	0,7	0,01	0,27	0
2	3, 3, 3, 3, 0,5	0,71= <i>Tmax</i>	0	0	0
3	2.9, 2.8, 3, 2.9, 0,9	0,68	0,03	0,81	1
4	2.75, 2.75, 2.75, 2.75, 1.5	0,64	0,07	1,89	2
5	2.85, 2.85, 2.85, 2.85, 1.2	0,68	0,03	0,81	1
6	2.95, 2.95, 2.95, 2.95, 0.7	0,71= <i>Tmax</i>	0	0	0
7	2.82, 2.82, 2.82, 2.82, 1.2	0,68	0,03	0,81	1
8	2.8, 2.77, 2.92, 2.97, 1.04	0,66	0,05	1,35	2
9	2.8, 2.8, 2.8, 3, 1.1	0,66	0,05	1,35	2
10	2.9, 2.9, 2.9, 2.9, 0.9	0,67	0,04	1,08	1

<i>Pais 1</i>	<i>n.</i>	<i>Crossover</i>	<i>Cruza</i>	<i>Pais 2</i>	<i>Local</i>	<i>Resultado</i>	<i>Ajuste</i>
2.9, 2.8, 3, 2.9, 0.9	1	Sim	6	2.8, 2.77, 2.92, 2.97, 1.04	2	2.77, 2.92, 2.97, 1.04, 2.9	2.77, 2.92, 2.97, 2.8, 1.04
2.75, 2.75, 2.75, 2.75, 1.5	2	Sim	8	2.8, 2.8, 2.8, 3, 1.1	4	3, 1.1, 2.75, 2.75, 2.75	3, 2.9, 2.75, 2.75, 1.1
2.75, 2.75, 2.75, 2.75, 1.5	3	Não				2.75, 2.75, 2.75, 2.75, 1.5	2.75, 2.75, 2.75, 2.75, 1.5
2.85, 2.85, 2.85, 2.85, 1.2	4	Sim	1	2.9, 2.8, 3, 2.9, 0.9	4	3, 2.9, 0.9, 2.85, 2.85	2.9, 2.85, 2.85, 2.85, 1.05
2.82, 2.82, 2.82, 2.82, 1.2	5	Sim	4	2.85, 2.85, 2.85, 2.85, 1.2	2	2.85, 2.85, 2.85, 1.2, 2.82	2.85, 2.85, 2.85, 2.75, 1.2
2.8, 2.77, 2.92, 2.97, 1.04	6	Sim	9	2.8, 2.8, 2.8, 3, 1.1	4	3, 1.1, 2.8, 2.77, 2.92	3, 2.83, 2.8, 2.77, 1.1
2.8, 2.77, 2.92, 2.97, 1.04	7	Sim	2	2.75, 2.75, 2.75, 2.75, 1.5	3	2.75, 2.75, 1.5, 2.8, 2.77	2.75, 2.75, 2.7, 2.8, 1.5
2.8, 2.8, 2.8, 3, 1.1	8	Sim	7	2.8, 2.77, 2.92, 2.97, 1.04	2	2.77, 2.92, 2.97, 1.04, 2.8	2.77, 2.92, 2.97, 2.8, 1.04
2.8, 2.8, 2.8, 3, 1.1	9	Sim	5	2.82, 2.82, 2.82, 2.82, 1.2	4	2.82, 1.2, 2.8, 2.8, 2.8	2.82, 2.88, 2.8, 2.8, 1.2
2.9, 2.9, 2.9, 2.9, 0.9	10	Não				2.9, 2.9, 2.9, 2.9, 0.9	2.9, 2.9, 2.9, 2.9, 0.9

Tabela 8.10: Operador de mutação com probabilidade de 80%.

<i>n.</i>	<i>População Crossover</i>	<i>Mutação</i>	<i>Local</i>	<i>Resultado</i>	<i>Valor Fitness</i>
1	2.77, 2.92, 2.97, 2.8, 1.04	Não		2.77, 2.92, 2.97, 2.8, 1.04	0
2	3, 2.9, 2.75, 2.75, 1.1	Não		3, 2.9, 2.75, 2.75, 1.1	0,01
3	2.75, 2.75, 2.75, 2.75, 1.5	Sim	2 e 5	2.75, 2.8, 2.75, 2.75, 1.45	0,04
4	2.9, 2.85, 2.85, 2.85, 1.05	Não		2.9, 2.85, 2.85, 2.85, 1.05	0
5	2.85, 2.85, 2.85, 2.75, 1.2	Não		2.85, 2.85, 2.85, 2.75, 1.2	0
6	3, 2.83, 2.8, 2.77, 1.1	Não		3, 2.83, 2.8, 2.77, 1.1	0,01
7	2.75, 2.75, 2.7, 2.8, 1.5	Não		2.75, 2.75, 2.7, 2.8, 1.5	0,02
8	2.77, 2.92, 2.97, 2.8, 1.04	Sim	1 e 3	2.9, 2.92, 2.58, 2.8, 1.3	0,01
9	2.82, 2.88, 2.8, 2.8, 1.2	Não		2.82, 2.88, 2.8, 2.8, 1.2	0,02
10	2.9, 2.9, 2.9, 2.9, 0.9	Não		2.9, 2.9, 2.9, 2.9, 0.9	0,01

O GA sugere como resposta uma profundidade de corte de desbaste de 2.8 mm e 1,3 mm para acabamento, bem superior ao sobrematerial de acabamento recomendado inicialmente. As condições de usinagem para desbaste são definidas na tabela 8.4, passe $j=24$. As condições de usinagem para acabamento são apresentadas na tabela 8.5, passe $j=10$.





Tabela 8.11: Tabela *Workingsteps* para linearização *Workplan* (W_{ID}).

W_{ID}	Feature_Projeto (F)	Feature_usinagem (Fu)	Operação de Usinagem	Tempo (min)
11	F6-22	OD - Fu2.2a	Tornear Desbaste - G71 Tipo I	0,48
13	F6-22	OD - Fu2.3	Tornear Acabamento - G70	0,16



$$TW = \sum_{i=1}^n (TempoWorkingstep_i) + \sum_{i=1}^{n-1} (TempoSetup_{i \rightarrow i+1} * \Omega(Workingstep_i, Workingstep_{i+1})) \quad (8.3)$$

$$\Omega(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \neq y \\ 0, & \text{se } x = y \end{cases} \quad (8.4)$$



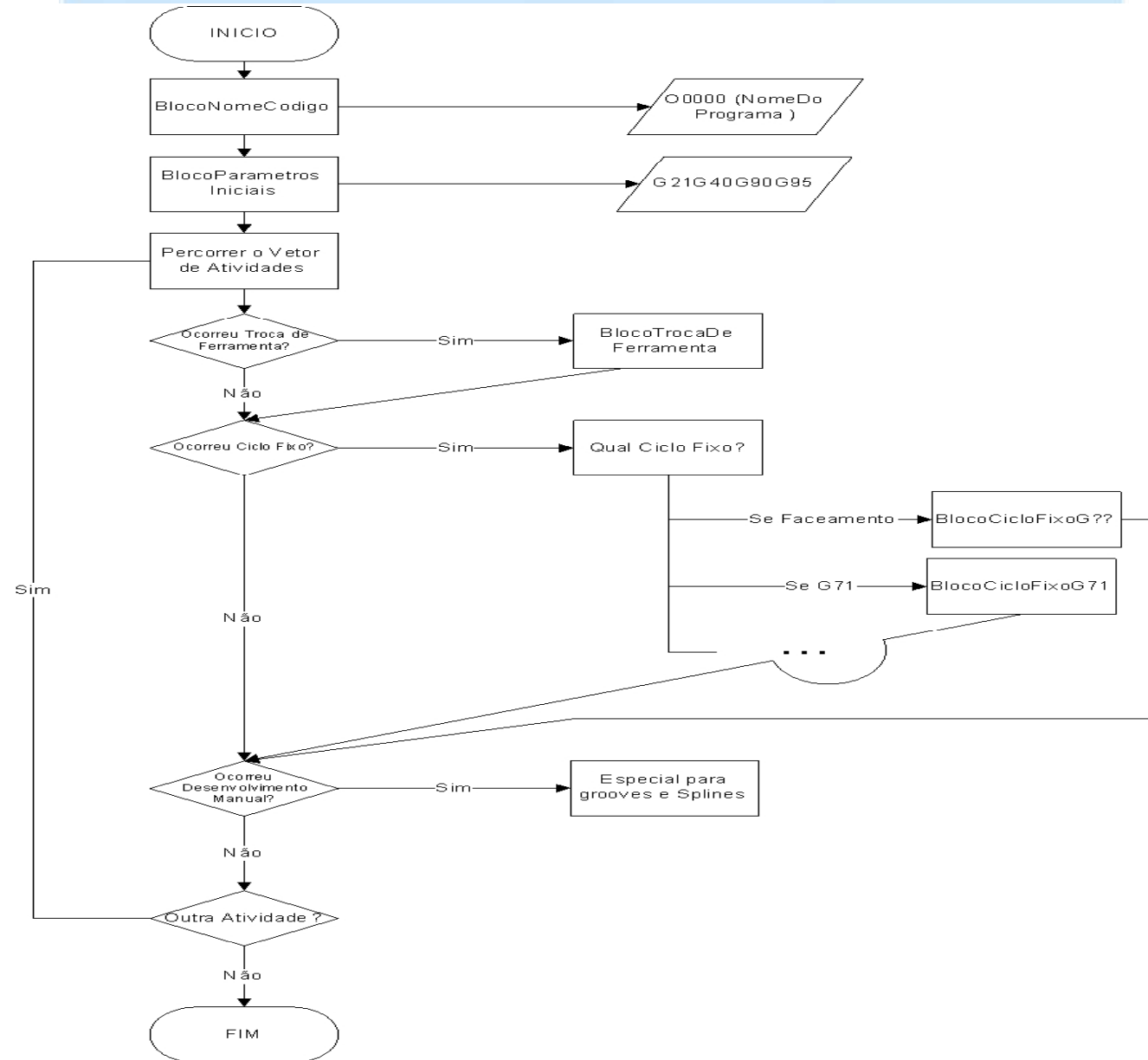
- *Setup1*: $W9 \rightarrow W1 \rightarrow W3 \rightarrow W5$
- *Setup2*: $W10 \rightarrow W12 \rightarrow W14 \rightarrow W18 \rightarrow W20 \rightarrow W22 \rightarrow W25 \rightarrow W26$





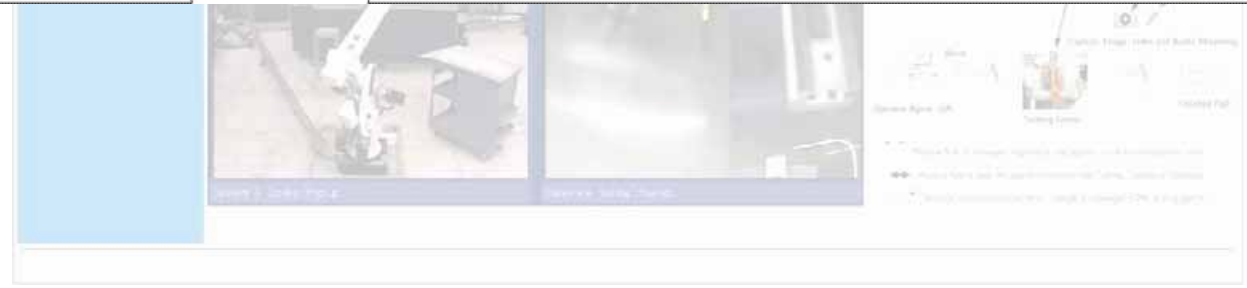
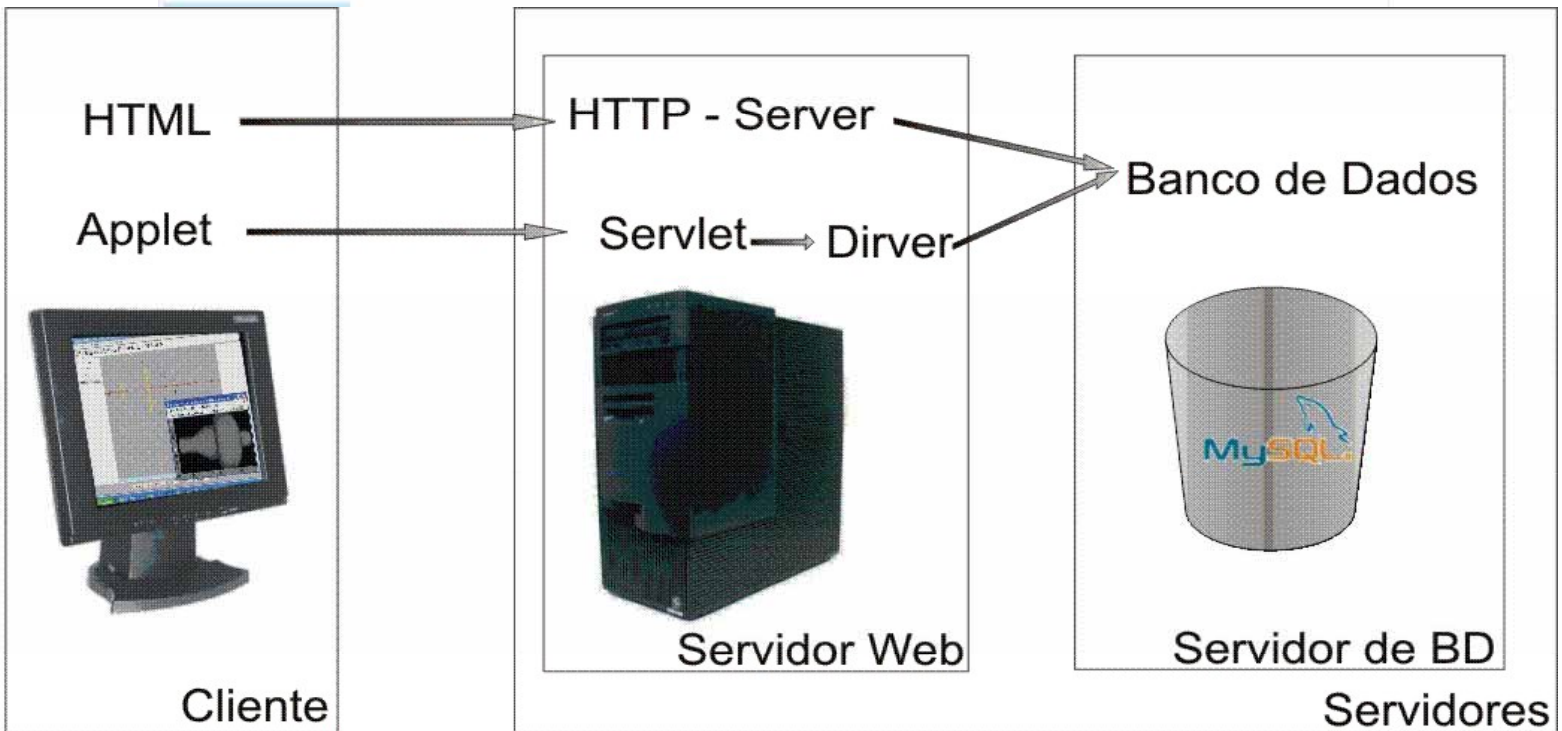
WID	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	NA	10	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2	NA	NA	NA	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3	NA	NA	NA	NA	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	15	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
8	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
9	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
11	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
13	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	15	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
14	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
16	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
17	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
18	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
19	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	10	NA	NA	NA	NA	NA	NA
20	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	20	NA	NA	NA	NA	NA
21	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	15	NA	NA	NA
22	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	NA	NA
23	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	NA	NA
24	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	NA	NA
25	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	15	NA
26	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

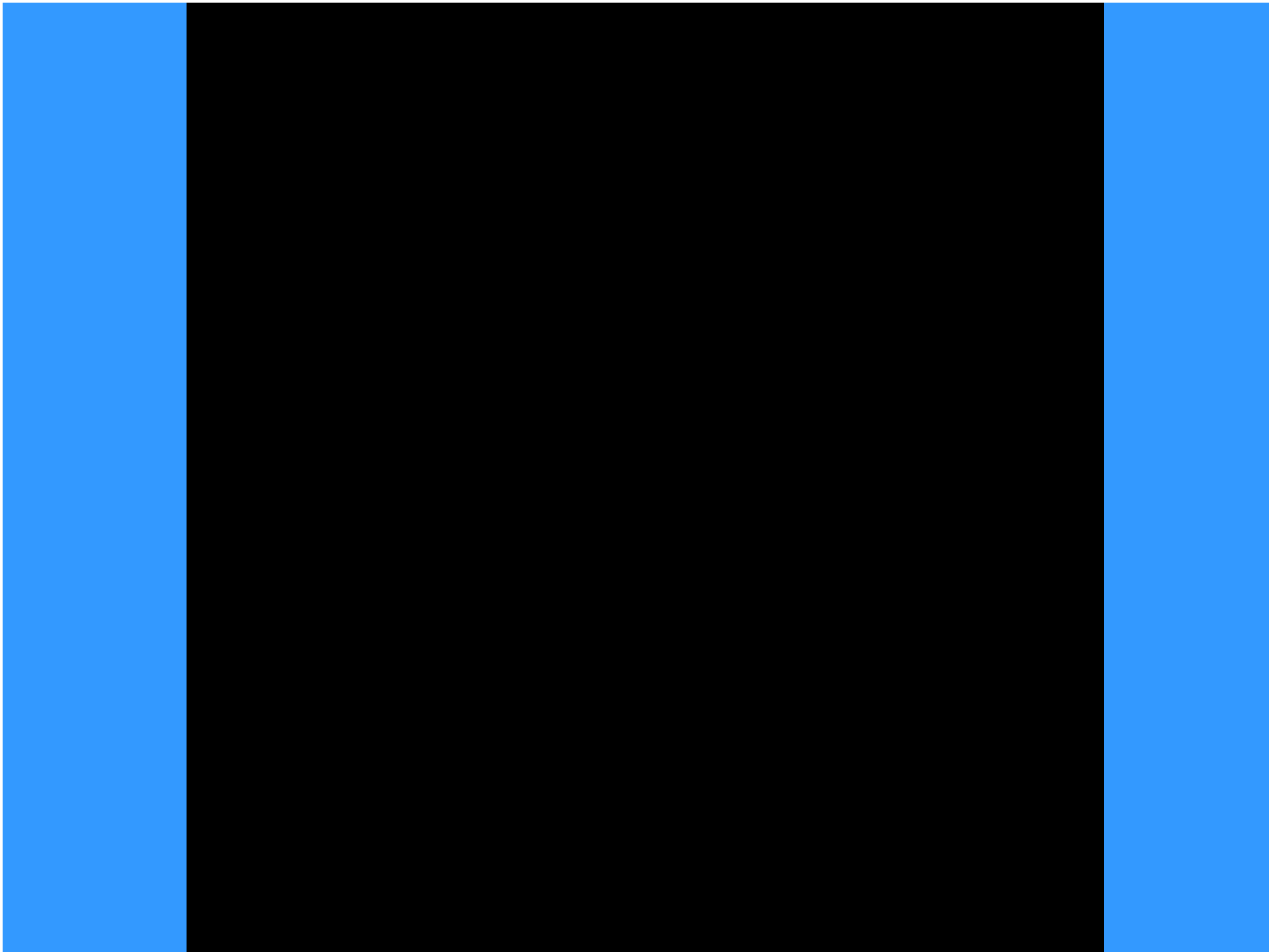
Tabela 8.12: Matriz adjacente relativa ao tempo de troca de *setup* entre *Workingsteps* (WID).





Componentes – Servlets: 3 Camadas







WebCADbyFeatures



Options

User Name :

Solid Bar

Length: mm

Diameter: mm

Modelling Option

Choose Starting Point Side: Left Right

Choose Starting Region: Outside Inside

WebMachining - NEW Project

WebMachining New Project

Please give us the information about new project.

NEW Project

Project Name

Final Date MM DD YYYY Lot Size

Choose Unity in mm

Material

General Tolerance + mm - mm

General Rugosity

Thermal Treatment

Superficial Treatment

Blank Type SolidBar Pipe Pierced Machined Casting



WebCADbyFeatures



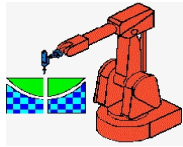
WebCADbyFeatures - WebMachining Project

System | DD | ID | Face | Groove | Center | WebTurning | WebCapp | Help

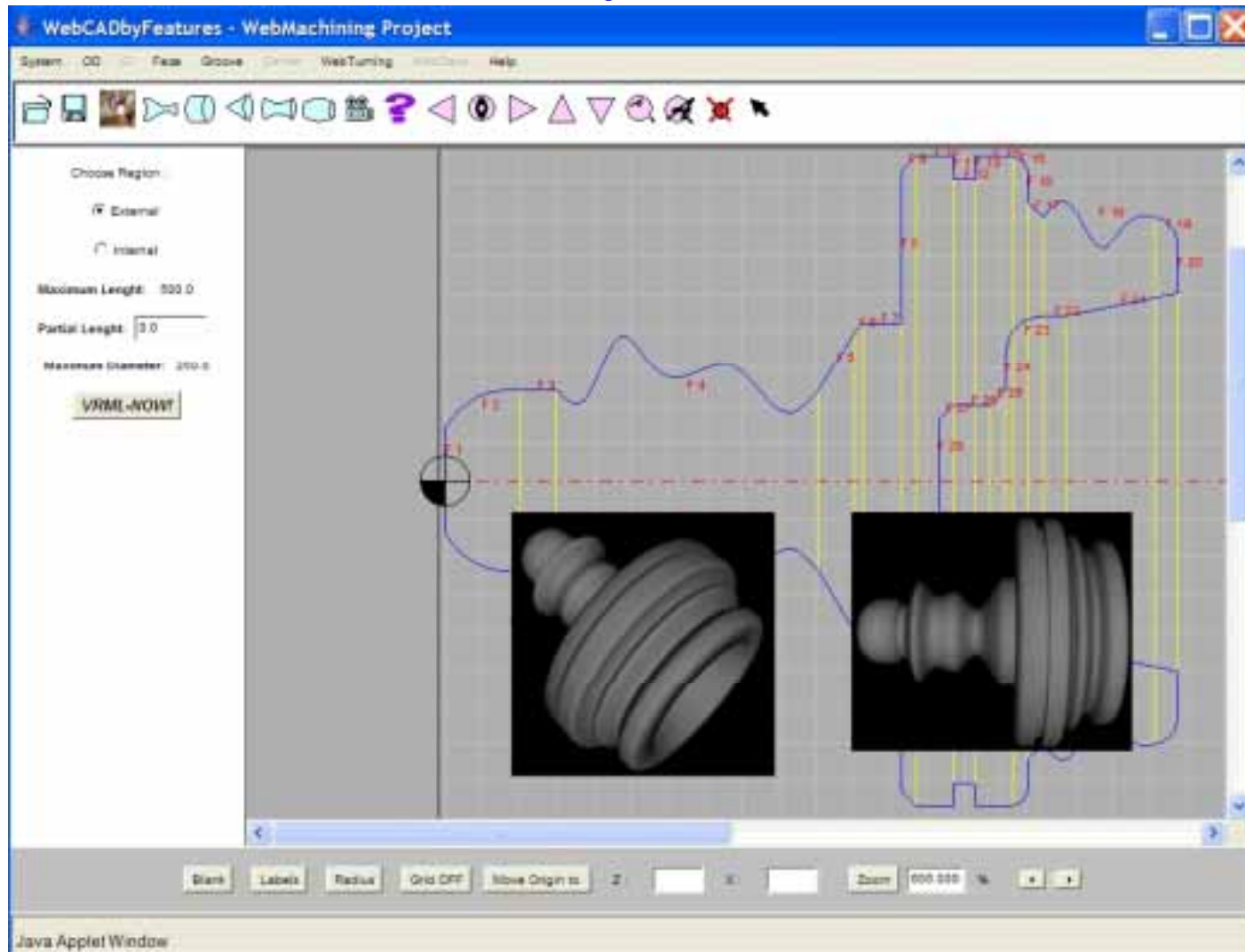
Choose Region :
 External
 Internal
Maximum Length: 100.0
Partial Length:
Maximum Diameter: 100.0
VRML-NOW!

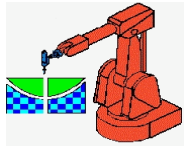
The main workspace displays a 2D profile of a part on a grid. The profile is a blue line with several vertical yellow lines extending from it. Below the profile are two 3D views of a grey, screw-like part. The left view is a perspective view, and the right view is a side view. A red dashed line indicates the horizontal axis of the part.

Blank | Labels | Radius | Grid OFF | Move Origin to | Z: | X: | Zoom: %



GUI – WebCADbyFeatures e VRML





GUI – WebCADbyFeatures e VRML

The screenshot displays the 'WebCADbyFeatures - WebMachining Project' interface. The window title bar includes standard OS controls and a menu bar with options: System, DD, ID, Face, Groove, Center, WebTurning, WebCapp, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons for file operations and navigation. The main workspace is divided into a left-hand control panel and a central 2D/3D view area.

Control Panel (Left):

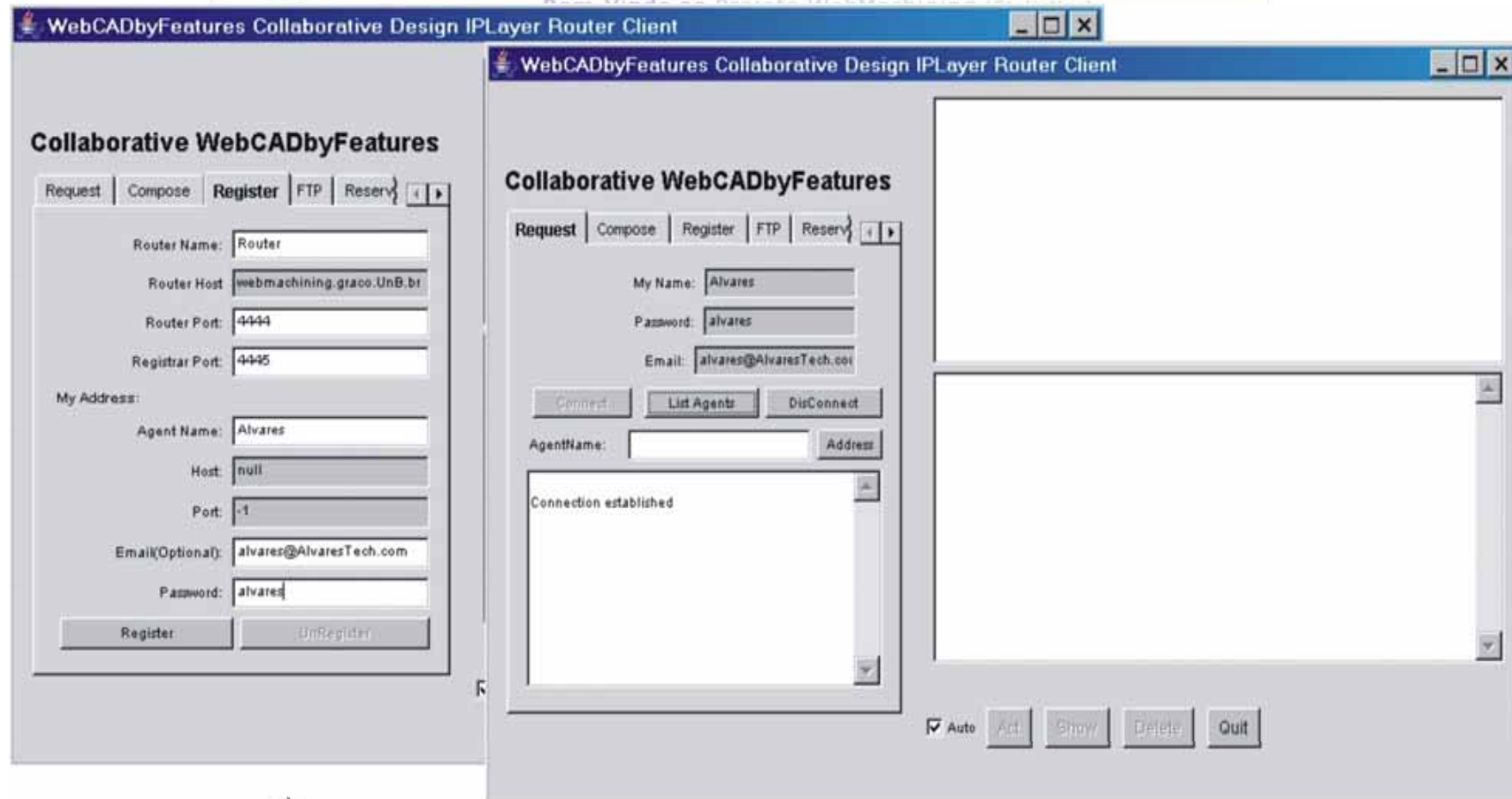
- Choose Region:** Radio buttons for 'External' and 'Internal' (selected).
- Maximum Length:** 175.0
- Partial Length:** Input field containing '170'.
- Maximum Diameter:** 37.0
- VRML-NOW!** Button

2D View (Top): A feature tree diagram showing 18 features (F.1 to F.18) connected by lines, representing the geometry of a shaft. Features F.1 through F.5 form a tapered section, while F.6 through F.18 define a stepped shaft with various diameters and lengths.

3D View (Bottom): A 3D rendering of the shaft model, showing a tapered section followed by a cylindrical section with two distinct diameters. A 'Blank' button is located at the bottom left of the 3D view area.



WebCADbyFeatures: Agentes para Projeto Colaborativo



a)

b)



GUI – WebCADbyFeatures: Projeto Colaborativo

The screenshot displays the WebCADbyFeatures GUI, which is divided into several functional areas:

- Top Panel:** Contains a menu bar with options like "System", "DD", "File", "Goove", "WebTurning", "WebCAD", and "Help". Below the menu is a toolbar with various icons for file operations and editing.
- Left Panel:** A control panel for the CAD model with the following settings:
 - Choose Region: External, Internal
 - Maximum Length: 500.0
 - Partial Length:
 - Maximum Diameter: 250.0
 - A button labeled "VRML-NOW!"
- Main View:** A 2D CAD model of a stepped shaft with various features labeled F.1 through F.30. The model is rendered in blue and red on a gray grid.
- JATLite Message Dialog:** A small dialog box with the title "JATLite Message" and the text "FTP Put Success. Check out ComposePanel". It has an "Ok" button.
- Collaborative Design IPLayer Router Client:** A window for managing collaborative design sessions. It includes:
 - Buttons: Request, Compose, Register, FTP, Reserv.
 - Fields: Connection ID (jones), Remote Path (jatlite), Local Dir, Host (web-machining.gtao.v), Port (21), User (ftp), Password (*****).
 - Checkboxes: ASCII, Append, Make Dir.
 - Buttons: Collaborative Design (dropdown), Add, Remove, Modify.
 - Fields: alberto-2004_12_1.
 - Buttons: Set file, PUT, GET.
 - Bottom buttons: Auto, Act, Show, Delete, Quit.
- Terminal Window:** A window titled "N 0 Router part info Jan.20.01073 06:01 AM" showing the following text:

```
sender: Router
content: (ftp-port:port 33446)
in-reply-to: ftp0
receiver: Alvarez
performative: getinfo
protocol: ftp
language: HTML
```



GUI – WebCADbyFeatures: Projeto Colaborativo

The screenshot displays the WebCADbyFeatures GUI, which is used for collaborative design. The main window shows a 2D CAD model of a part with various features highlighted in red and yellow. The interface includes a toolbar at the top, a menu bar, and a sidebar on the left with options like 'Choose Region', 'External', 'Internal', 'Maximum Length', 'Partial Length', and 'Maximum Diameter'. A 'VRML-NOW!' button is also present. A 'JATLite Message' dialog box is open, displaying 'FTP Put Success, Check out ComposePanel' and an 'OK' button. The bottom window, titled 'WebCADbyFeatures Collaborative Design 3.5 Layer Router Check', shows a list of design changes and a 'Collaborative WebCADbyFeatures' panel with fields for 'Connection ID', 'Remote Path', 'Local Dir', 'Host', 'Port', 'User', and 'Password'. The 'Collaborative Design' panel includes buttons for 'Add', 'Remove', 'Modify', 'Self file', 'PUT', and 'GET'. A list of design changes is visible on the right side of the bottom window.




ID	User	Action	Time
N 90	Router	get-info	Jun 29 01:07:07 07:59 AM
N 91	Router	put-info	Jun 29 01:07:07 07:59 AM
N 92	Router	put-info	Jun 29 01:07:07 08:00 AM
N 93	Router	put-info	Jun 29 01:07:07 08:00 AM
N 94	Router	put-info	Jun 29 01:07:07 08:00 AM
N 95	Router	put-info	Jun 29 01:07:07 08:01 AM
N 96	Router	put-info	Jun 29 01:07:07 08:01 AM
N 97	Router	put-info	Jun 29 01:07:07 08:01 AM
N 98	Router	put-info	Jun 29 01:07:07 08:00 AM
N 99	Alvarez	tell	Jun 29 01:07:07 08:01 AM
N 100	Alvarez	tell	Jun 29 01:07:07 08:02 AM
N 101	Alvarez	tell	Jun 29 01:07:07 08:02 AM
N 102	Alvarez	tell	Jun 29 01:07:07 08:02 AM

Demo Modelagem

Webmachining - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

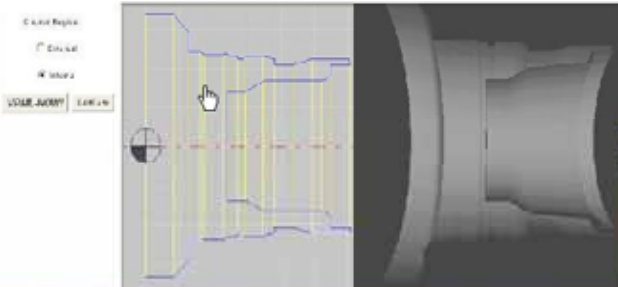





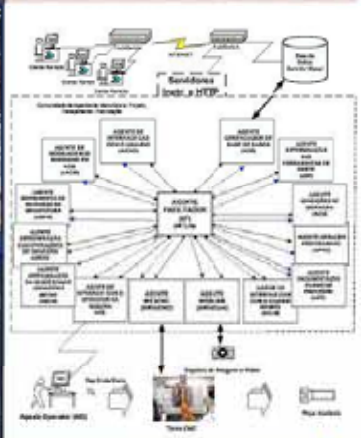
Endereço <http://webmachining.graco.unb.br/>

HOME PROJETO O QUE É? SISTEMA CADASTRAMENTO Web Cad BY FEATURES WebCAM - FMC LIVE WebDNC WebCAPP SSHIava

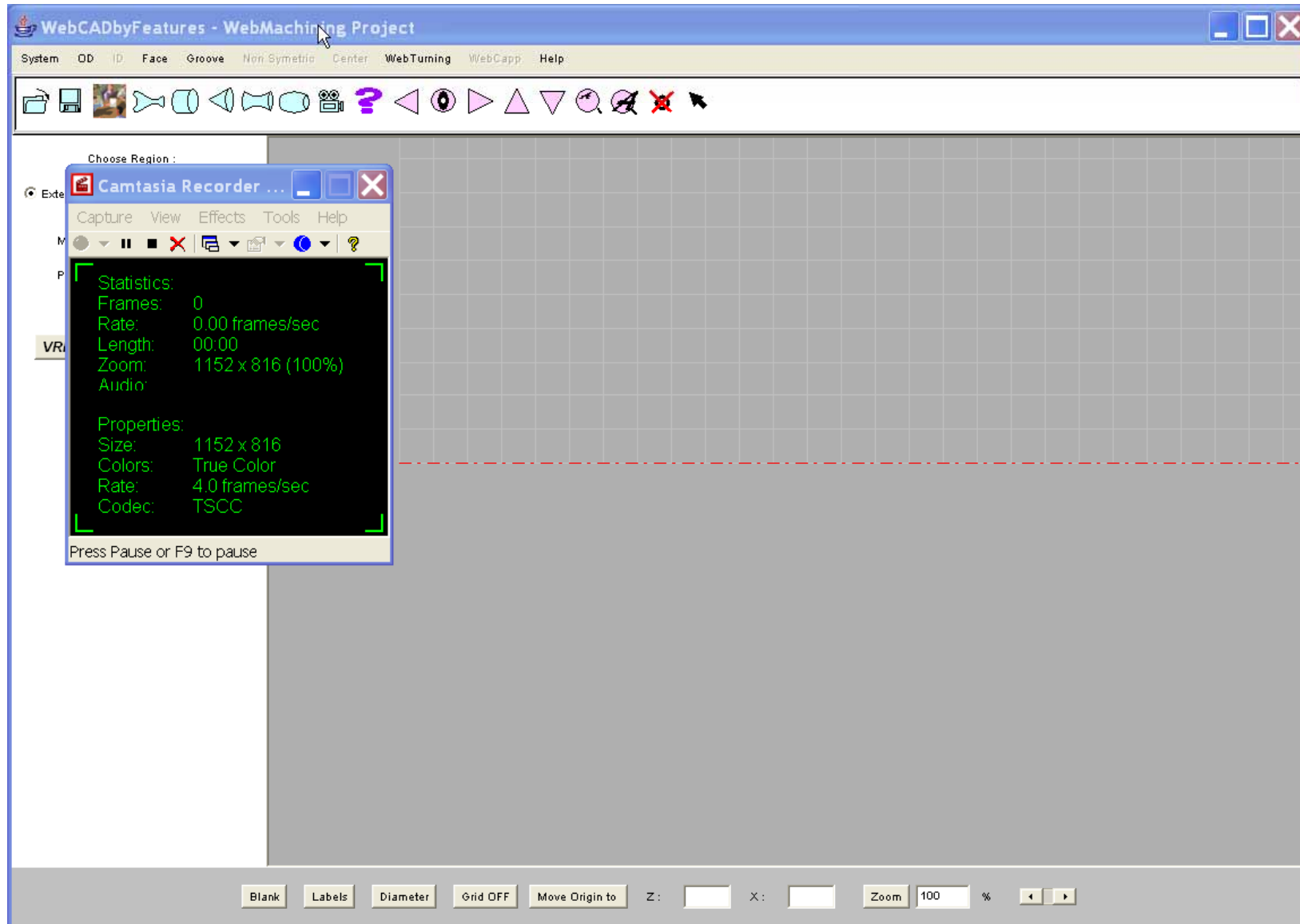
HOME **Bem-Vindo ao [Projeto WebMachining](#)**

DOWNLOADS
WEB CAD BY FEATURES
Modelo Físico DB: Mysql
CONTATOS
PUBLICAÇÕES
LINKS
GALLERY
TEAM
SPONSORS

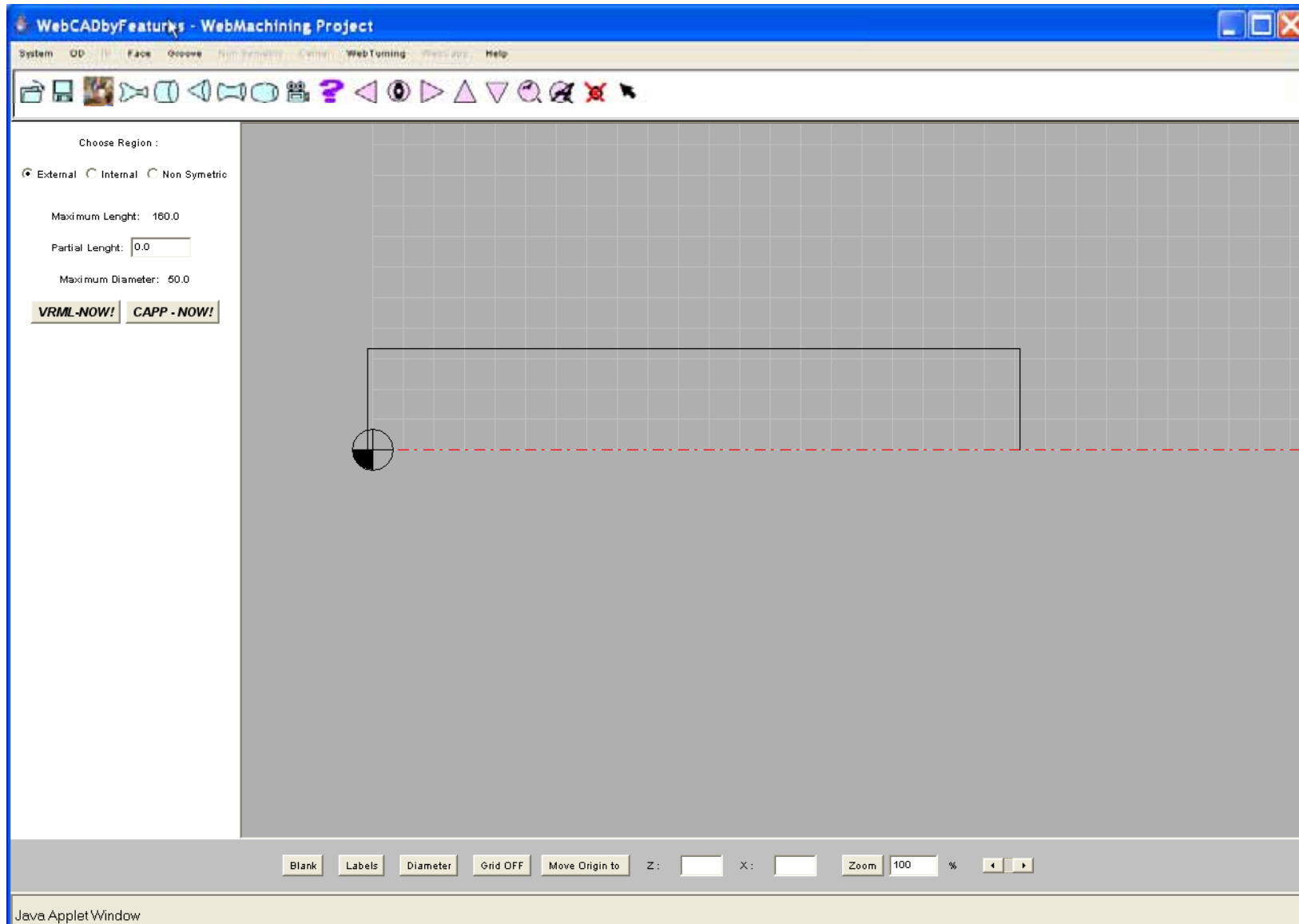








http://webmachining.graco.unb.br/cad_by_features/ Internet

Demo Modelagem Colaborativa – Agent A



Demo Modelagem Colaborativa – Agent A-B





WebCAPP Não-Linear: Servlets




Features - Microsoft Internet Explorer

Address: http://webmachining.alvarestech.com/CAPP/cappalberto-2005_5_7_20h_21m_56s.xml

Plano De Processo em formato Tabular

Plano De Processo Linearizado

	Nome da Peça	GRACO-2005-04-06		
	Tipo da Peça:	Peca Longa		
	Blank Utilizado:	D:	50	L:
	Máquina:	Centro de Torneamento Galaxy Romi 150 Fanuc 18i-Ta		
	Programa NC:	teste001		
	Quantidade:	1	Data de Entrega:	10/4/
	Material:	Tecnil		

Setup					
nº Operação	Operação	Castanha (mm)	Ferramenta	Posição Torre	Ap (mm)
nº	FACEAMENTO	Diâmetro_50	SVJBL220K16 VBMT160408-MM2025	0 7 0 7	2.0
nº	TORNEAMENTO EXTERNO	Diâmetro_50	SVJBL220K16 VBMT160408-MM2025	0 7 0 7	2.0
nº	ROSCAMENTO	Diâmetro_50	L166.5FA-2020-16 R1660L16VM010011020	0 1 0 1	2.0
nº	SANGRAMENTO	Diâmetro_50	LF123G20-2020B N123G200300003-GM4025	0 3 0 3	2.0
nº	SANGRAMENTO	Diâmetro 50	LF123G20-2020B N123G200300003-	0 3 0 3	2.0

Done Internet



WebCAPP Não-Linear: Applets



Abrir Java2XML XML2Java Tipo da Peça: Peça Intermediária

Peça: joneo-2005_4_12_11h_52m_8s Candidatas a Features de Fixacao.5 Candidatas a Superf. Delimitadora.2

- f1 (FaceStraight)
- f2 (ODTapered)
- f3 (ODStraight)
- f4 (ODTapered)
- f5 (ODConcave)
- f6 (ODConvex)
 - Nome:null
 - Tamanho:10.0
 - Diâmetro Inicial:40.0
 - Diâmetro Final:40.0
- f7 (ODConcave)
- f8 (FaceStraight)
- f9 (ODTapered)
- f5 (ODStraight)
- f11 (ODConvex)
 - Nome:null
 - Tamanho:5.0
 - Diâmetro Inicial:37.0
 - Diâmetro Final:47.0
- f12 (FaceStraight)
- f13 (ODTapered)
- f14 (FaceStraight)
- f15 (ODStraight)
- f16 (FaceStraight)
- f17 (ODStraight)
- f18 (FaceStraight)
- f19 (ODStraight)
- f20 (ODTapered)
- f21 (ODConvex)
- f7 (ODStraight)
- f8 (ODConcave)
- f9 (ODStraight)
- f25 (FaceStraight)
- f26 (ODStraight)
- f27 (FaceStraight)
- f11 (ODStraight)
- f12 (FaceStraight)

Java Console

Candidatas a Features de Fixacao:(Candidatas a Superf. Delimitadora)

Total de candidatas a features de fixacao = 5

	f3	f5	f7	f9
0.0	f12			
30.0	f8	f9	f10	f11
42.0	f6	f7		
45.9	f1			
47.0	f4	f5		
49.9	f2	f3		

OrdemDaFeautre:::4
ordemDaFeature=4
OrdemDaFeautre:::5
ordemDaFeature=5
Algo estranho ocorre na terra dos homems...4
OrdemDaFeautre:::1
Algo estranho ocorre na terra dos homems...3
LD[2], prioridade=2.0 LD[3], prioridade=3.0
LD[2], prioridade=2.0 LD[3], prioridade=3.0

=====> Features - Depois do DOS (Untitled 5)<=====
Feature numero: 1
FaceStraight
L1: 0.0
D1: 0.0
D2: 45.9
Feature numero: 2
ODTapered
L1: 2.0
D1: 45.9
D2: 49.9
Feature numero: 3
ODStraight
L1: 18.0
D1: 49.9
D2: 49.9
Feature numero: 4
GrooveComplexo
L1: 47.0

Java Console

=====>DECOMPOSICAO ORIENTADA A OPERACAO<=====
DECOMPOSICAO ORIENTADA A OPERACAO:
----> Ainda tem que imprimir os dados da operacao <--
=====
SETUP numero: 1=====
--Workingstep numero: 1--
FeatureDeUsinagem Tipo: 1
PlanoDeSeguranca: Z=168.6 X=60.1
PlanoDeAproximacao: Z=158.6 X=55.1
--Workingstep numero: 2--
FeatureDeUsinagem Tipo: 2
PlanoDeSeguranca: Z=160.4 X=60.1
PlanoDeAproximacao: Z=163.4 X=50.1
=====
SETUP numero: 2=====
--Workingstep numero: 1--
FeatureDeUsinagem Tipo: 1
PlanoDeSeguranca: Z=168.4 X=60.1
PlanoDeAproximacao: Z=158.4 X=55.1
--Workingstep numero: 2--
FeatureDeUsinagem Tipo: 2
PlanoDeSeguranca: Z=168.20000000000002 X=60.1
PlanoDeAproximacao: Z=163.20000000000002 X=55.1
--Workingstep numero: 3--
FeatureDeUsinagem Tipo: 4
PlanoDeSeguranca: Z=160.20000000000002 X=40.1
PlanoDeAproximacao: Z=158.20000000000002 X=50.1
--Workingstep numero: 4--
FeatureDeUsinagem Tipo: 31
PlanoDeSeguranca: Z=151.20000000000002 X=40.1
PlanoDeAproximacao: Z=141.20000000000002 X=50.1
--Workingstep numero: 5--
FeatureDeUsinagem Tipo: 31
PlanoDeSeguranca: Z=127.20000000000002 X=57.1
PlanoDeAproximacao: Z=117.20000000000002 X=57.1
--Workingstep numero: 6--
FeatureDeUsinagem Tipo: 31
PlanoDeSeguranca: Z=72.20000000000002 X=57.1
PlanoDeAproximacao: Z=62.20000000000002 X=57.1

Clear Copy Close

x: 10 y: 100 Zom: 1



WebCAPP Não-Linear: Applets



```

=====>DECOMPOSICAO ORIENTADA A OPERACAO<=====
#####
DECOMPOSICAO ORIENTADA A OPERACAO:
---> Ainda tem que imprimir os dados da operacao <--

=====SETUP numero: 1=====
--Workingstep numero: 1--
  FeatureDeUsinagem Tipo: 1
  PlanoDeSeguranca: Z=168.6 X=60.1
  PlanoDeAproximacao: Z=159.6 X=55.1
--Workingstep numero: 2--
  FeatureDeUsinagem Tipo: 2
  PlanoDeSeguranca: Z=168.4 X=60.1
  PlanoDeAproximacao: Z=163.4 X=50.1

=====SETUP numero: 2=====
--Workingstep numero: 1--
  FeatureDeUsinagem Tipo: 1
  PlanoDeSeguranca: Z=168.4 X=60.1
  PlanoDeAproximacao: Z=158.4 X=55.1
--Workingstep numero: 2--
  FeatureDeUsinagem Tipo: 2
  PlanoDeSeguranca: Z=168.20000000000002 X=60.1
  PlanoDeAproximacao: Z=163.20000000000002 X=50.1
--Workingstep numero: 3--
  FeatureDeUsinagem Tipo: 4
  PlanoDeSeguranca: Z=168.20000000000002 X=40.1
  PlanoDeAproximacao: Z=158.20000000000002 X=50.1
--Workingstep numero: 4--
  FeatureDeUsinagem Tipo: 31
  PlanoDeSeguranca: Z=151.20000000000002 X=40.1
  PlanoDeAproximacao: Z=141.20000000000002 X=50.1
--Workingstep numero: 5--
  FeatureDeUsinagem Tipo: 31
  PlanoDeSeguranca: Z=127.20000000000002 X=52.1
  PlanoDeAproximacao: Z=117.20000000000002 X=50.1
--Workingstep numero: 6--
  FeatureDeUsinagem Tipo: 31
  PlanoDeSeguranca: Z=72.20000000000002 X=57.1
  PlanoDeAproximacao: Z=62.20000000000002 X=50.1
#####

```

```

O1000(PECA R1 - UFSC)
N10G21G40G90G95
N20M36
N30M37
N40(INICIO SETUP1)
N50(WORKINGSTEP - FEATURE DE USINAGEM Fu1)
N60G53
N70G0X390Z350T00
N80T0707(Tool DESBASTE GERAL)
N90G54
N100G96S300
N110G92S4000
N120M4
N130M8
N140(Operacao - CICLO FIXO G75 FACEAMENTO)
N150G0X60.1Z168.6
N160G0X55.1Z158.598
N170G75X0Z158.2P27550Q2000R1F0.2
N180(WORKINGSTEP - FEATURE DE TORNEAMENTO Ft2)
N190(Operacao - CICLO FIXO G71-TIPO1 DESBASTE E G70 ACABAMENTO)
N200G0X60.1Z168.4
N210G0X50.1Z163.4
N220G71U1R2
N230G71P240Q290U0.2W0.2F0.2
N240G0X45.9
N250G42
N260G1W-5
N270G1X49.9W-2
N280W-18
N290X50.1
N300G70P240Q290
N310(FIM SETUP1)
N320(TROCA DE SETUP)
N330M00
N340M36
N350M37
N360(INICIO SETUP2)
N370(WORKINGSTEP - FEATURE DE USINAGEM Fu1)
N380(Operacao - CICLO FIXO G75 FACEAMENTO)
N390G0X60.1Z168.4
N400G0X55.1Z158.398
M110C75V0Z158.2P27550Q2000R1F0.2

```



WebCAPP Não-Linear: Applet



SISTEMA CADASTRAMENTO Web Cad BY FEATURES WebCAM : FMC LIVE WebDNC WebCAPP SSHJava

WebCAPP

...ida a partir do paradigma de modelagem baseada em síntese por features de projeto, voltada para o domínio de peças rotacionais, a... as atividades de projeto (CAD), planejamento do processo (CAPP) e manufatura (CAM Planejamento e CAM execução). O Plano... pelo CAPP é representado utilizando uma estrutura de dados baseada em STEP-NC (ISO 14649 - Part 12), que é um novo padrão... tre sistemas CAD/CAM e máquinas CNC. A arquitetura proposta para o módulo CAD é baseada no paradigma de Projeto por... P e CAM idealizados podem ser caracterizados segundo as quatro dimensões definidas por SHAH e MANTYLA (1995) como:

...to é voltado para geração de planos de processos não lineares para peças rotacionais utilizando tornos CNC, contendo definição de... ências de operações, ferramentas, parâmetros de corte, geração do código G e estimativas de tempos e custos, ou seja, micro

2. na dimensão de Planejamento associado ao tempo pode ser aplicado no nível tático e no nível operacional de um sistema de Gestão da Produção;
3. na dimensão Método de Planejamento é caracterizado com sendo um CAPP Generativo;
4. e na dimensão Profundidade de Planejamento é definido como dinâmico, ou seja, planos podem ser mudados dinamicamente durante a manufatura em função das características dinâmicas do sistema de manufatura, trabalhando também de forma on-line.

O procedimento inicia-se na modelagem de uma peça por features num contexto de manufatura remota utilizando a Web como meio de comunicação, num modelo computacional cliente-servidor. O cliente conecta-se ao Modelador de Features Neutro via Web e inicia a instanciação de uma nova peça a ser modelada a partir de uma base de dados, usando a biblioteca de features padronizadas disponibilizada pelo sistema.

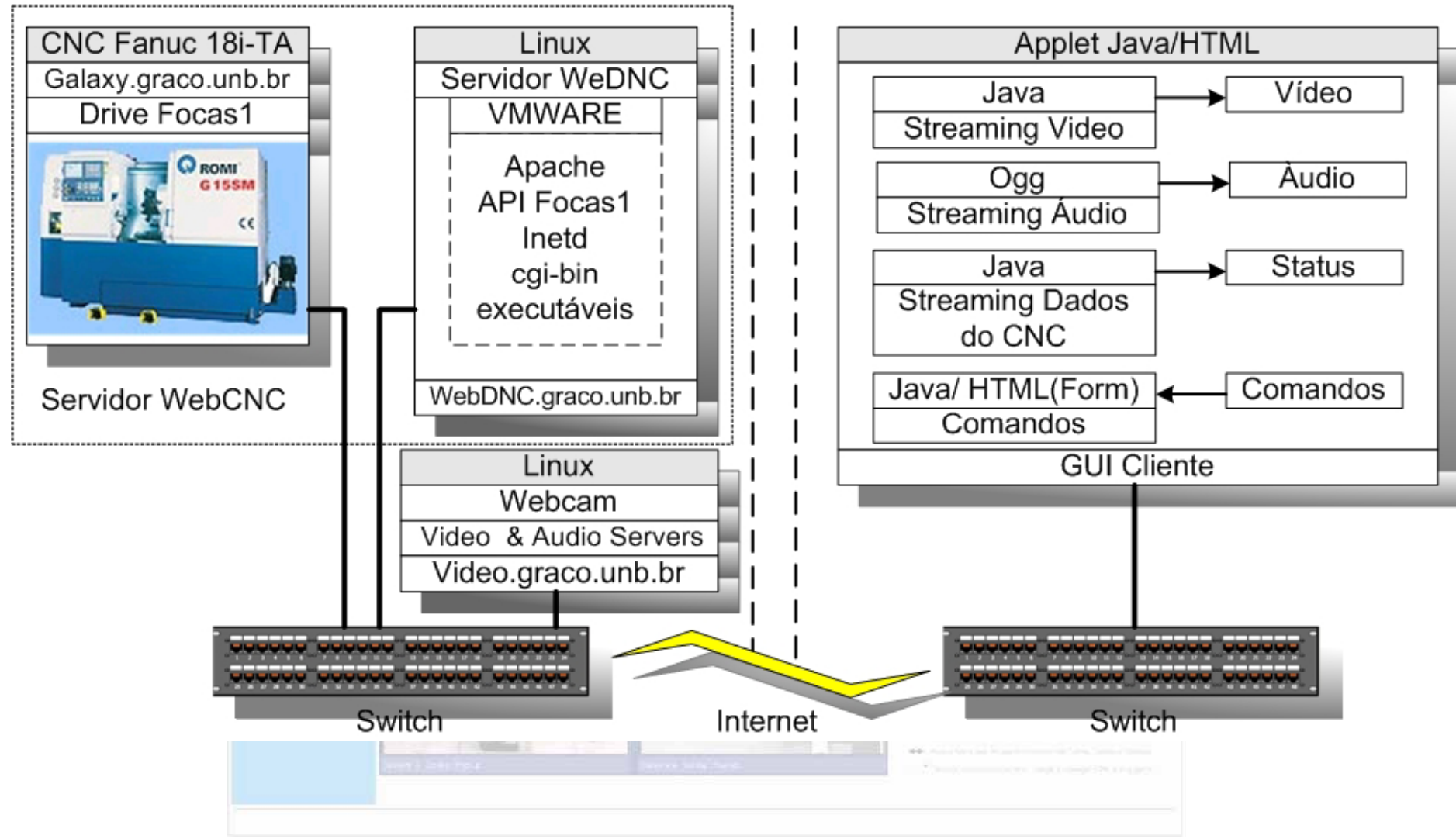
Após a conclusão e validação do modelo, a peça criada é armazenada e disponibilizada para a metodologia CAPP gerar o plano de processo com alternativas para a peça, sua linearização e a representação do plano de processo linearizado baseado em STEP-NC (ISO 14649 - Part 12), bem como, a geração do programa NC para um torno CNC específico, no caso o centro de torneamento Galaxy 15M da Romi (<http://video.graco.unb.br>).



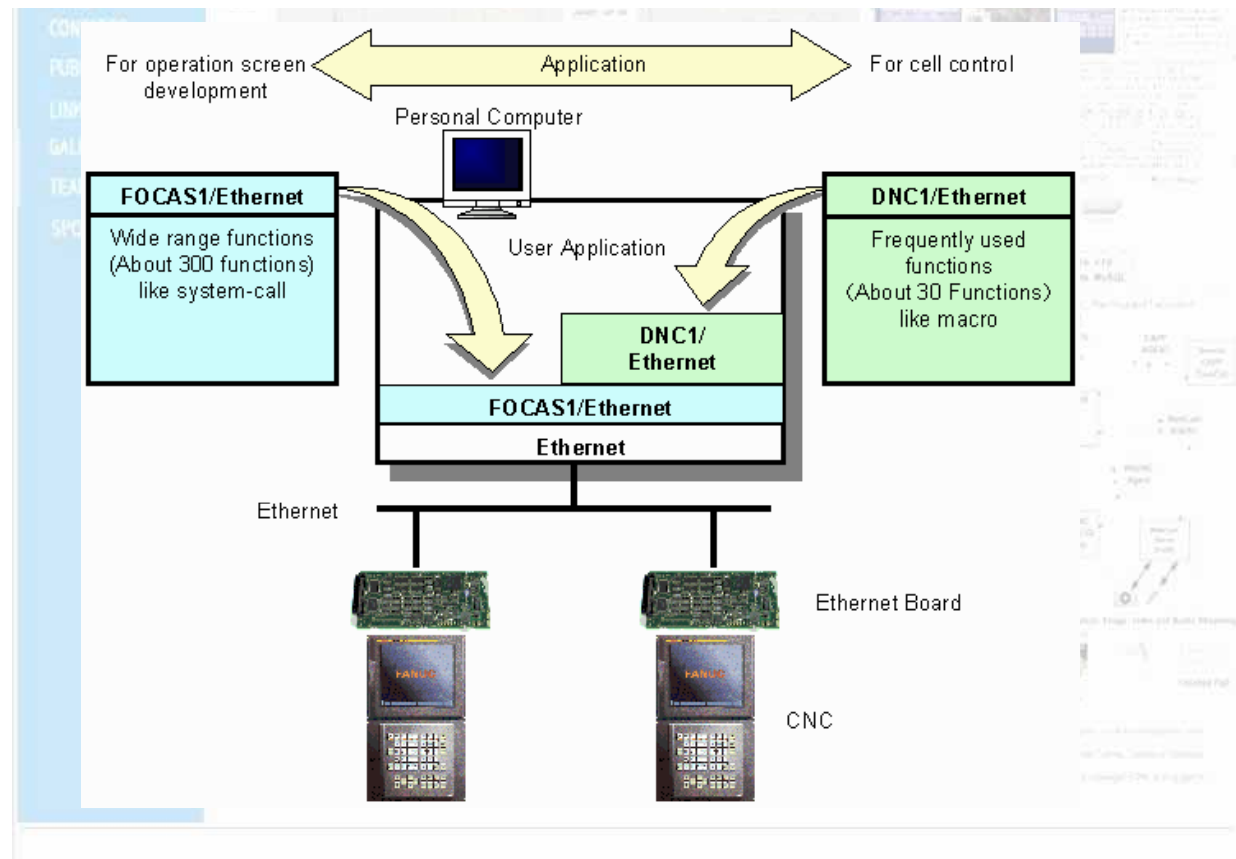
WebTurning: Arquitetura

Chão-de-Fábrica e Servidores

Clientes

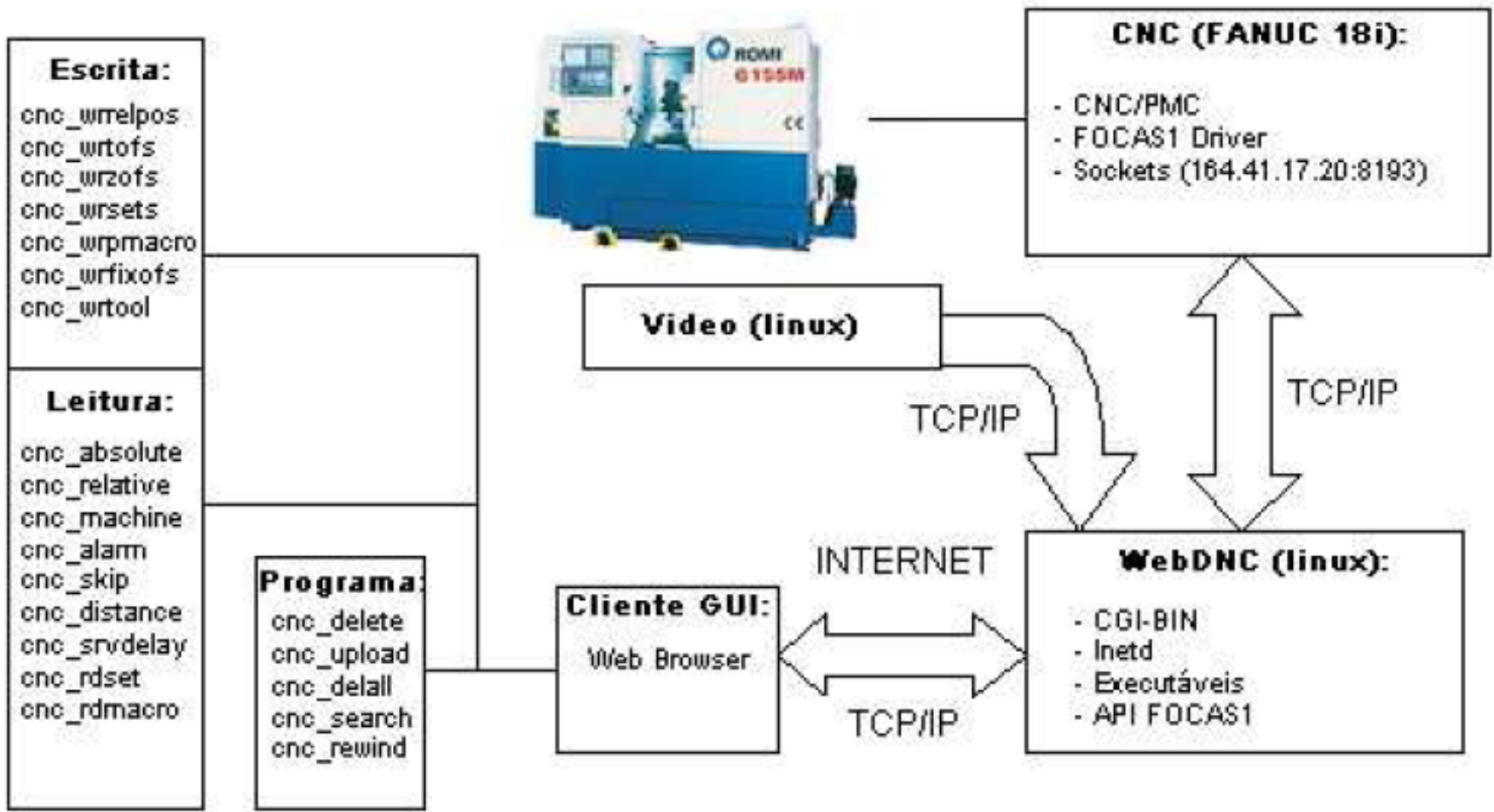


1. servidores de *streaming* de vídeo e de *streaming* de áudio (WebCam);
2. servidor FOCAS1 (*Fanuc Open CNC API Specifications*) localizado no centro de torneamento, sendo representado pelo CNC Fanuc 18i-ta;
3. servidor de teleoperação WebDNC que atua como uma camada intermediária entre o CNC e o cliente usando mecanismos de acesso via *Web*, como CGI e *inetd*;
4. interface gráfica (GUI) em Java e HTML.





WebTurning: WebDNC





WebTurning: Audio e Vídeo



The screenshot displays a web browser window titled "Audio WebMachining Status Client". The main content area shows the URL `http://fmc1.graco.unb.br:8000/` and the text "Audio Streaming Turning Center here". Below this, there is a section for "Job Shop - FMC Live: WebMachining" with a video player showing a close-up of a lathe tool cutting a metal part. The video player includes a progress bar and playback controls. To the right of the video player, there is a section for "Audio Streaming" with the URL `(/audiotorno.ogg)` and statistics: "Quality: 0.00" and "Stream Listeners: 0". Below the audio section, there are four small video windows labeled "Pop-up Cam1", "Pop-up Cam2", "Pop-up Cam3", and "Pop-up Cam4", each showing a different view of the machine shop. At the bottom of the browser window, there is a status bar with the text "Status" and a "Press Pause or F9 to pause" message. In the background, there is a Windows taskbar with several open applications, including "NetCAM started" and "Internet Explorer".

WebCam: Usinagem

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer window titled "NetCam Live Image: WebMachining Project - FMC Live". The address bar contains "http://video.graco.unb.br/". The main content area displays a grid of live video feeds from a machine shop. A Camtasia Recorder window is overlaid on the top-left feed, showing recording statistics and properties. The statistics include 0 frames captured at 0.00 frames/sec. The properties show a resolution of 1152 x 832, True Color, 4.0 frames/sec, and TSCC codec. The video feeds show a worker operating a machine, a close-up of a rotating part, and a control panel with a digital readout (DRO) showing "14768".

Camtasia Recorder Statistics:

- Frames: 0
- Rate: 0.00 frames/sec
- Length: 00:00
- Zoom: 1152 x 832 (100%)
- Audio: (not specified)

Camtasia Recorder Properties:

- Size: 1152 x 832
- Colors: True Color
- Rate: 4.0 frames/sec
- Codec: TSCC

Video Feed Details:

- Top-left: 2005, 20:18:04.68 Cam 1/01
- Top-right: Ter, 12-Abr-2005, 20:18:04.39 CAM 1/02
- Bottom-left: Ter, 12-Abr-2005, 20:18:04.62 Cam 1/03
- Bottom-right: Ter, 12-Abr-2005, 20:18:04.66 CAM 1/04

Resolution for all feeds: 320 x 240

System tray: Applet NetCAM started | Internet

WebFMC: Robô, Micrômetro e WebTurning

NetCam Live Image: WebMachining Project - FMC Live - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço <http://video.graco.unb.br/> Ir Links Assistente de Web

Camtasia Recorder ...
Capture View Effects Tools Help

Statistics:
Frames: 0
Rate: 0.00 frames/sec
Length: 00:00
Zoom: 1152 x 832 (100%)
Audio:

Properties:
Size: 1152 x 832
Colors: True Color
Rate: 2.0 frames/sec
Codec: TSCC

Press Pause or F9 to pause

2005, 21:32:50.49 Cam 1/01

2005, 21:32:50.38 CAM 1/02

Ter, 12-Abr-2005, 21:32:50.380 | 320 x 240

Ter, 12-Abr-2005, 21:32:50.40 CAM 1/03

Ter, 12-Abr-2005, 21:32:50.44 Cam 1/04

Ter, 12-Abr-2005, 21:32:50.406 | 320 x 240

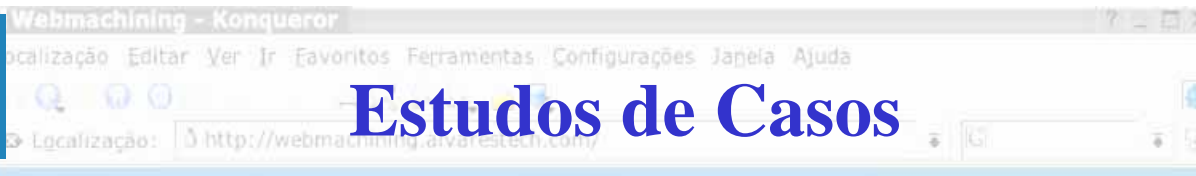
Ter, 12-Abr-2005, 21:32:50.448 | 320 x 240

Applet AppletCameras started

Internet

Demo Modelagem Simulação Programa NC





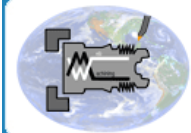
Estudos de Casos

Tabela 12.1: *Features* presentes nas peças estudadas.

	Face	OD	ID	Rosca	<i>Spline</i>	Arco	Cone	Rasgo Radial	Furo Axial	N°. <i>Features</i>
Peão	5	5	-	-	1	3	1	-	-	15
Torre	6	5	1	-	1	1	1	4	-	19
Cavalo	6	6	-	-	1	2	1	-	-	16
Bispo	6	7	-	-	1	2	1	-	-	17
Rainha	5	6	-	-	1	5	1	0	5	23
Rei	6	6	-	-	1	-	1	2	0	16
Tolerância	9	10	5	1	-	3	8	-	-	35
Romi	4	7	2	1	-	8	4	3	3	32
Complexa	6	7	1	1	1	2	2	3	3	26
Espelho	4	4	-	-	1	-	-	-	-	9

Tabela 12.2: Ferramentas Sandvik disponíveis no Galaxy 15M.

N. Torre	Porta-Ferramenta	Inserto	Operação
T0101	L166.5FA-2020-16	VBMT110312-PF4015	rosquear externo
T0202	broca - acionada	aço rápido	furar (6 mm)
T0303	LF123g20-2020B	N123G200300003-GM4025	sangrar (circular - 4 mm)
T0404	R416.2-0200C 3-31	LCMX030308-53 1020	furar (20 mm)
T0505	SVVBN-2020K11	VBMT1604 08-MM2025	tornear externo - neutra
T0606	R166.4kF-20F16	VBMT110312-PF4015	rosquear interno
T0707	SVJBL-2020K-16	VBMT1604 08-MM2025	tornear externo
T0808	DWLNL-2020-k06	WNMG060408-PM4015	tornear externo
T0909	A16R-SDUPL 07-R	DPMT070204-PM4015	tornear interno
T1010	fresa - acionada	aço rápido	fresar (12 mm)
T1111	N176.39-2020-10	RCMT0602M0 - 4025	sangrar (circular - 12 mm)
T1212	DDJNL-2020-K15	DNMG150608QM235	tornear externo



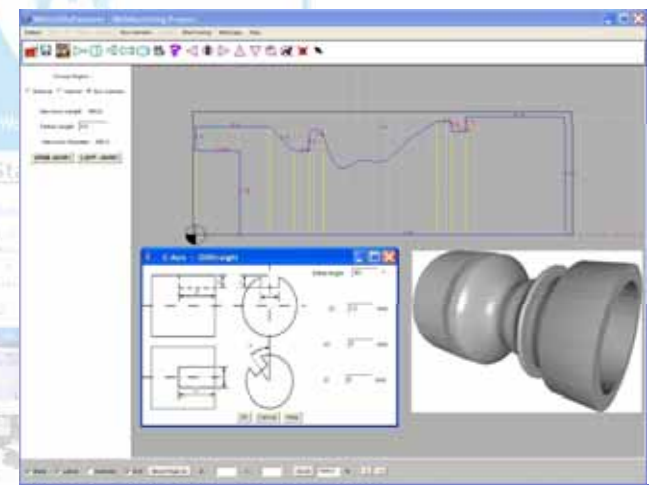
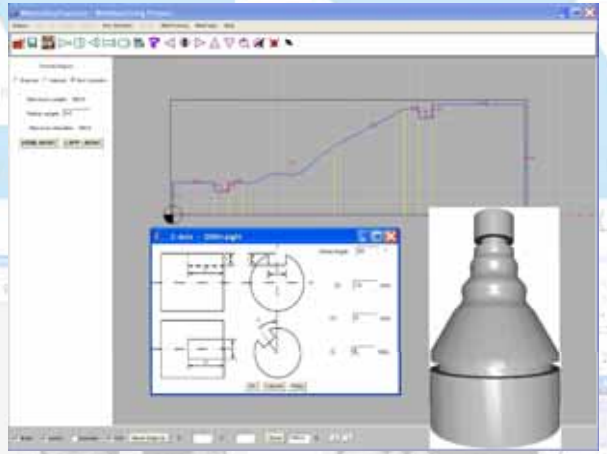
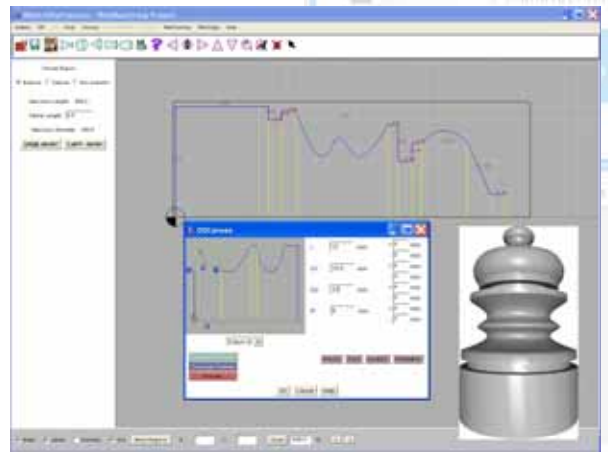
e-manufacturing

WebMachining - Konqueror

Arquivo Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

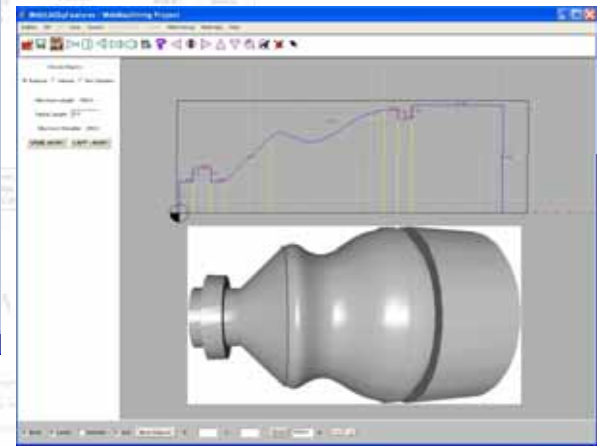
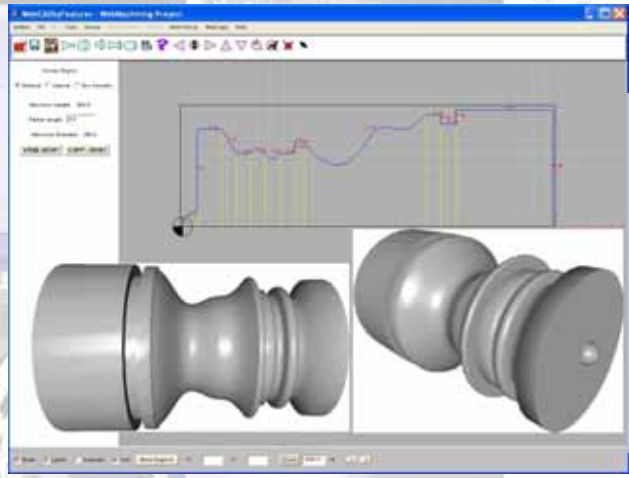
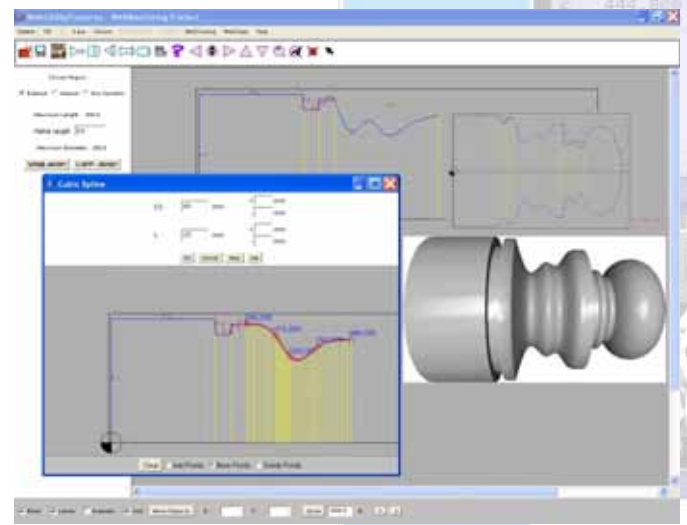
Endereço: http://webmachining.alvarestech.com/

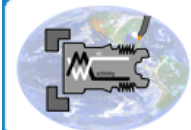
Estudos de Casos: Xadrez



TEAM SPONSORS

Sem: 24-Abr-2004 - 17:14:15.70 Cas: 1/01 - Sem: 20-Ago-2004 17:14:15.75 Cas: 4/01





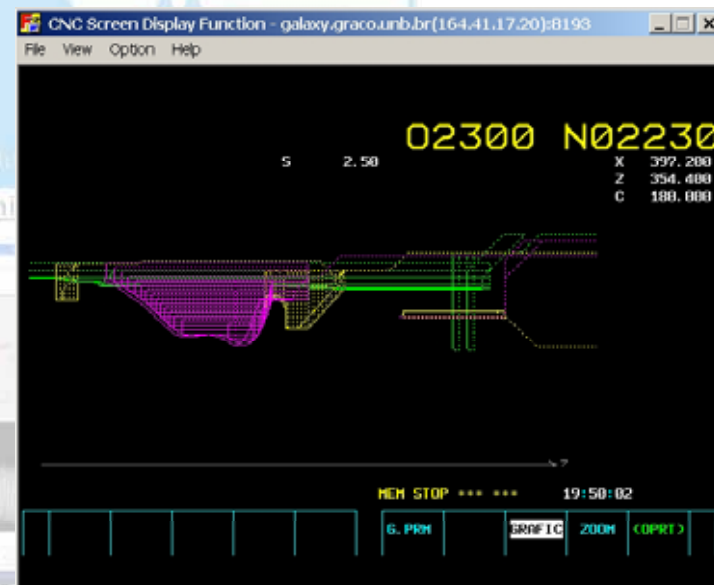
e-manufacturing

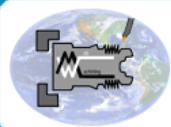
machining - Konqueror

ação Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

ização: <http://webmachining.alvarestechn.com/>

Xadrez: Simulação





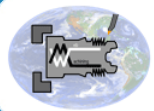
e-manufacturing

Web Machining - Konqueror

Arquivo Edição Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

Xadrez: Peças Usinadas





e-manufacturing

Webmachining - Konqueror

Localização Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

Peça com Tolerâncias



WebCADbyFeatures - WebMachining Project

System OO Face Drivers NonSymetric Center WebTuning WebCapp Help

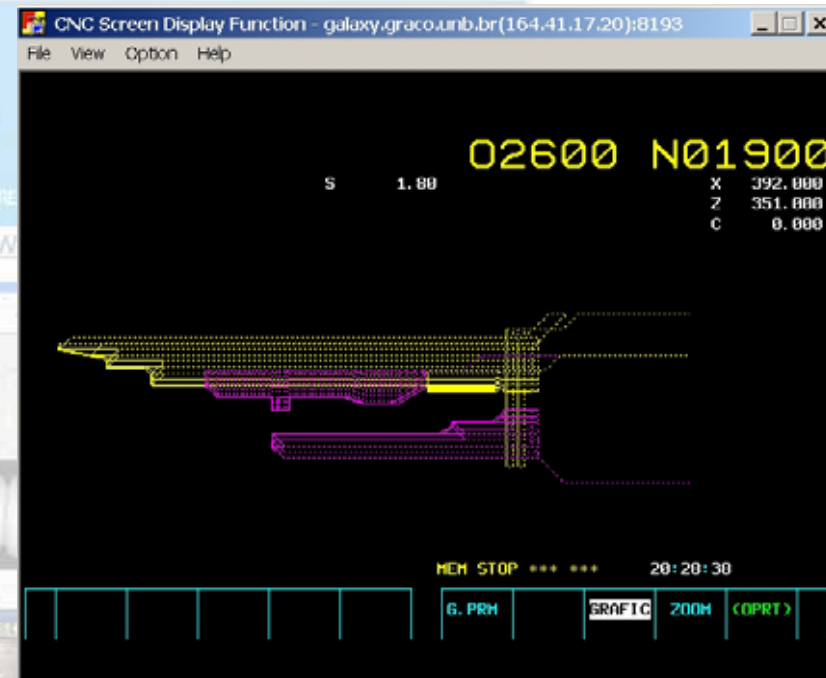
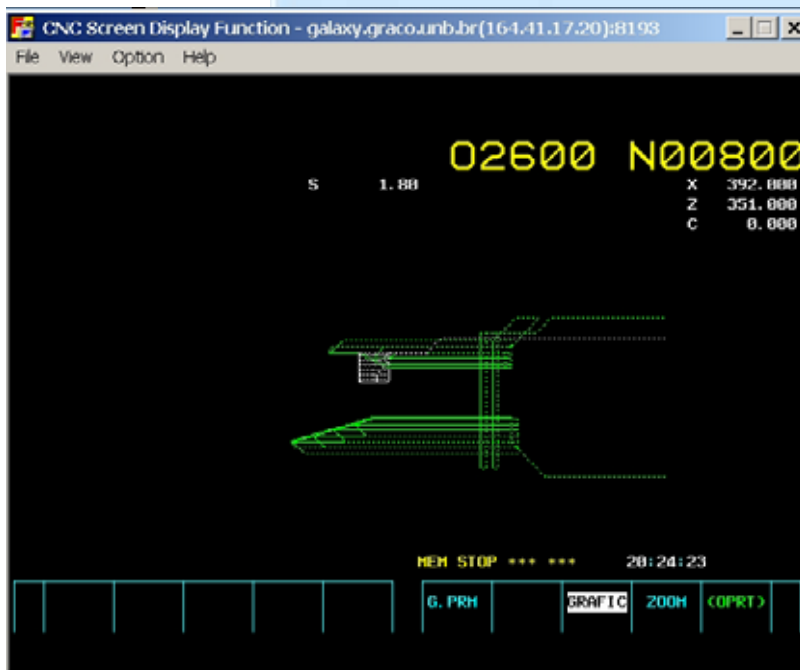
Choose Region:
 External Internal Non Symetric
Maximum Length: 500.0
Partial Length: 0.0
Maximum Diameter: 250.0
VRML-NOW! CAPP-NOW!

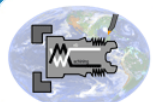
Blank Labels Diameter Unit Move Origin to Z: X: Zoom 1000.0 %

Windows: Iniciar | Pastas | Builder X - C:/D... | IfarView | webcad_01_0... | WebCADbyFest... | 11:07



Peça com Tolerâncias





e-manufacturing

Webmachining - Konqueror

Localização Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

Peça Romi



WebCADbyFeatures - WebMachining Project

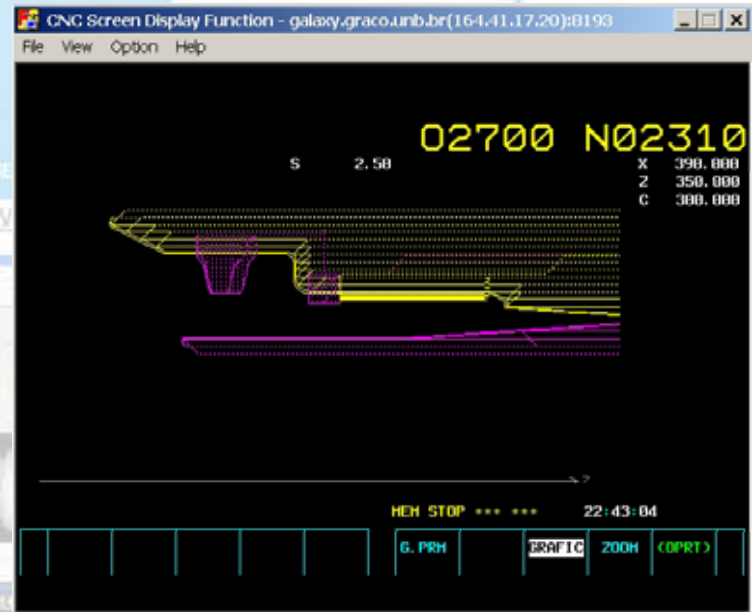
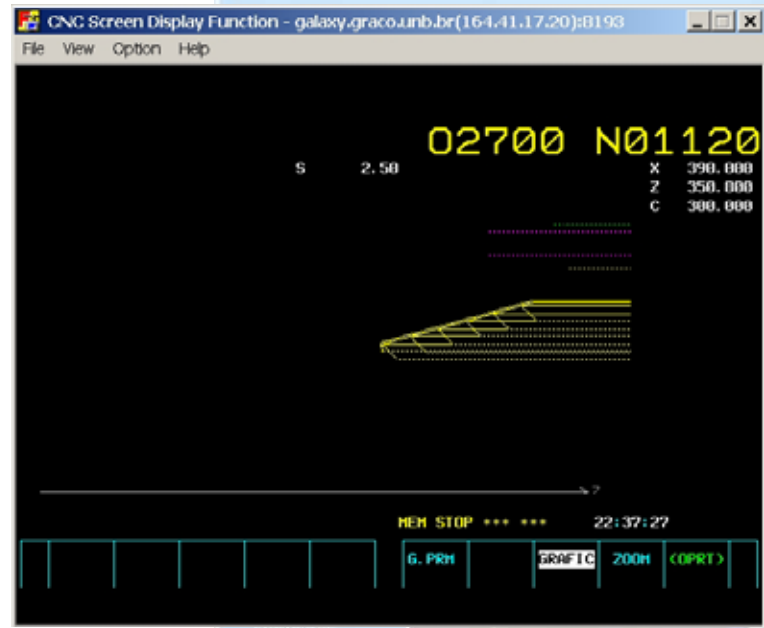
System OO Face Groove Non Symetric Taper WebTurning WebCapp Help

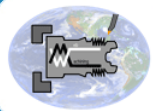
Choose Region:
 External Internal Non Symetric
Maximum Length: 500.0
Partial Length: 0.0
Maximum Diameter: 200.0
VRML-NOW! CAPP-NOW!

Blank Labels Diameter Grid Move Origin to Z: A: Zoom 900.0 %



Peça Romi





e-manufacturing

Webmachining - Konqueror

Localização Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

Localização: http://webmachining.ayv-tech.com/

Peça Complexa



WebCADbyFeatures - WebMachining Project

System File Edit View Non Symetric Center WebTurning WebCapp Help

Choose Region

External Internal Non Symetric

Maximum Length: 100.0
 Partial Length: 0.0
 Maximum Diameter: 50.0

VRML-NOW! CAPP-NOW!

C-Axis - FaceStraight

Hole Pattern Flattened Shape

Number of Holes: 8

Initial Angle: 0

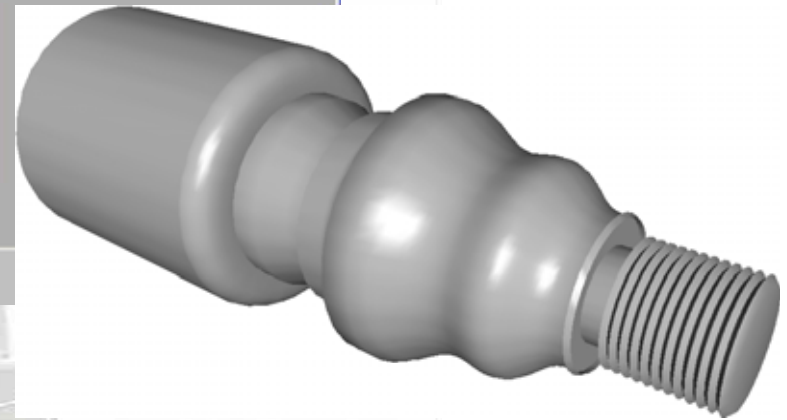
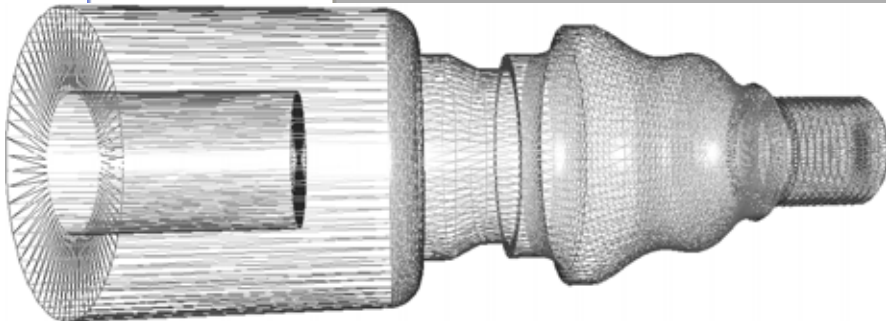
Hole Depth: 10 mm

Hole Diameter: 4 mm

Pattern Diameter: 50 mm

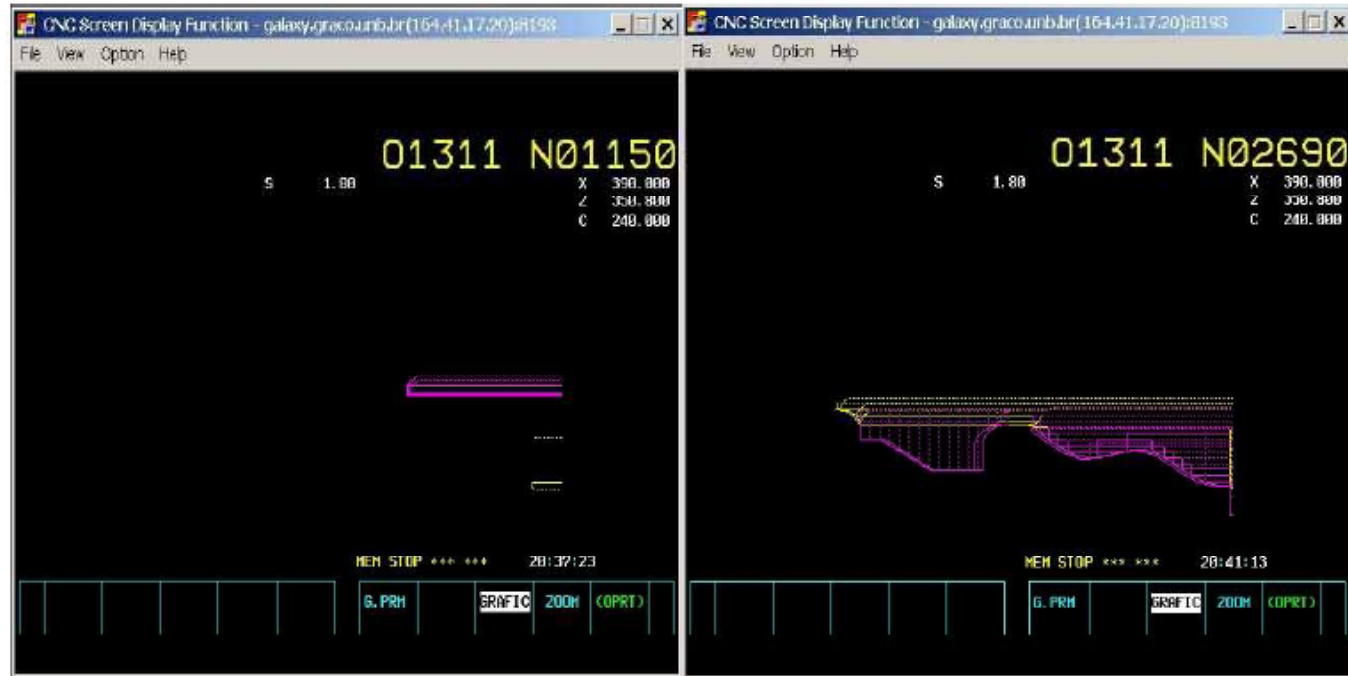
Flattened Bottom: Threads: Step: Reamed:

OK Cancel Help



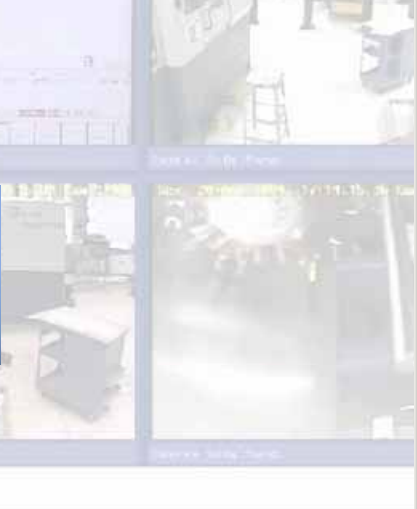
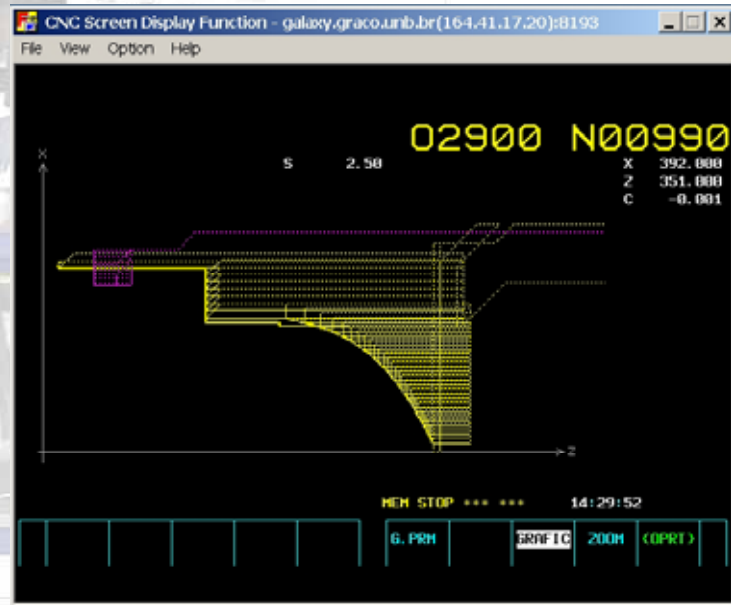
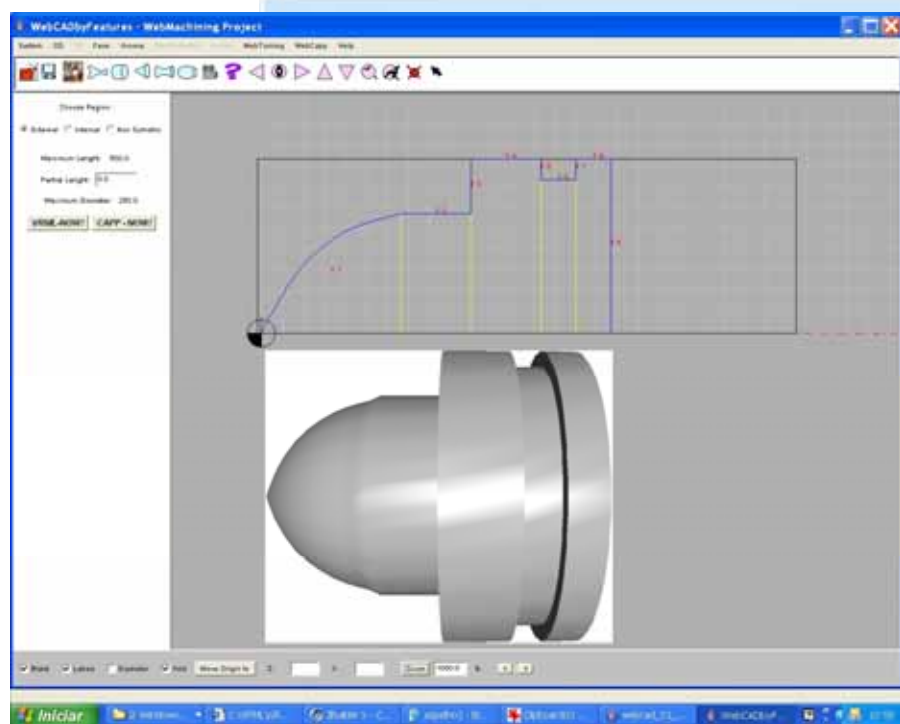


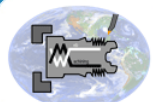
Peça Complexa





Peça Espelho





e-manufacturing

Webmachining - Konqueror

Localização Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

WebDNC - Xadrez

Localização: http://webmachining.alvareztech.com/



CNC/FMC Read | WRITE | **cam_upload** | CÁMERAS

CURRENT STATUS

Info de conexão:
 Conexão programada: 2000
 Máx. programa: 2000
 Sequência atual: 1406
 Arquivo: 8
 Máquina: 8
 Alarme ativo: 0
 Alarme desativado: 0
 Alarme desativado: 0

PROGRAMAS
 O4 (CASTA) 02:00:40.12.18
 O19 () 240
 O01 (PECA CURVO) 02:00:40.12.18
 O01 (LATERAL) 02:00:40.12.18
 O08 (PRE-SET) 02:00:40.12.18
 O101 (PRE-SET TEST) 02:00:40.12.18
 O102 (BOCAL) 02:00:40.12.18
 O104 () 040
 O106 () 432
 O100 (GROOVE) 02:00:40.12.18
 O108 (FRONTAL) 02:00:40.12.18
 O109 (PECA ALFARAT) 02:00:40.12.18
 O109 (AA) 02:00:40.12.18

PROGRAMAS
 O4 (CASTA) 02:00:40.12.18
 O19 () 240
 O01 (PECA CURVO) 02:00:40.12.18
 O01 (LATERAL) 02:00:40.12.18
 O08 (PRE-SET) 02:00:40.12.18
 O101 (PRE-SET TEST) 02:00:40.12.18
 O102 (BOCAL) 02:00:40.12.18
 O104 () 040
 O106 () 432
 O100 (GROOVE) 02:00:40.12.18
 O108 (FRONTAL) 02:00:40.12.18
 O109 (PECA ALFARAT) 02:00:40.12.18
 O109 (AA) 02:00:40.12.18

CNC/FMC Read | WRITE | **cam_upload** | CÁMERAS

CURRENT STATUS

Info de conexão:
 Conexão programada: 2000
 Máx. programa: 2000
 Sequência atual: 1406
 Arquivo: 8
 Máquina: 8
 Alarme ativo: 0
 Alarme desativado: 0
 Alarme desativado: 0

PROGRAMAS
 O4 (CASTA) 02:00:40.12.18
 O19 () 240
 O01 (PECA CURVO) 02:00:40.12.18
 O01 (LATERAL) 02:00:40.12.18
 O08 (PRE-SET) 02:00:40.12.18
 O101 (PRE-SET TEST) 02:00:40.12.18
 O102 (BOCAL) 02:00:40.12.18
 O104 () 040
 O106 () 432
 O100 (GROOVE) 02:00:40.12.18
 O108 (FRONTAL) 02:00:40.12.18
 O109 (PECA ALFARAT) 02:00:40.12.18
 O109 (AA) 02:00:40.12.18

CNC/FMC Read | WRITE | **cam_upload** | CÁMERAS

CURRENT STATUS

Info de conexão:
 Conexão programada: 2000
 Máx. programa: 2000
 Sequência atual: 1406
 Arquivo: 8
 Máquina: 8
 Alarme ativo: 0
 Alarme desativado: 0
 Alarme desativado: 0

PROGRAMAS
 O4 (CASTA) 02:00:40.12.18
 O19 () 240
 O01 (PECA CURVO) 02:00:40.12.18
 O01 (LATERAL) 02:00:40.12.18
 O08 (PRE-SET) 02:00:40.12.18
 O101 (PRE-SET TEST) 02:00:40.12.18
 O102 (BOCAL) 02:00:40.12.18
 O104 () 040
 O106 () 432
 O100 (GROOVE) 02:00:40.12.18
 O108 (FRONTAL) 02:00:40.12.18
 O109 (PECA ALFARAT) 02:00:40.12.18
 O109 (AA) 02:00:40.12.18

GALLERY
TEAM
SPONSORS

CNC/FMC Read | WRITE | **cam_upload** | CÁMERAS

CURRENT STATUS

Info de conexão:
 Conexão programada: 2000
 Máx. programa: 2000
 Sequência atual: 1406
 Arquivo: 8
 Máquina: 8
 Alarme ativo: 0
 Alarme desativado: 0
 Alarme desativado: 0

PROGRAMAS
 O4 (CASTA) 02:00:40.12.18
 O19 () 240
 O01 (PECA CURVO) 02:00:40.12.18
 O01 (LATERAL) 02:00:40.12.18
 O08 (PRE-SET) 02:00:40.12.18
 O101 (PRE-SET TEST) 02:00:40.12.18
 O102 (BOCAL) 02:00:40.12.18
 O104 () 040
 O106 () 432
 O100 (GROOVE) 02:00:40.12.18
 O108 (FRONTAL) 02:00:40.12.18
 O109 (PECA ALFARAT) 02:00:40.12.18
 O109 (AA) 02:00:40.12.18

CNC/FMC Read | WRITE | **cam_upload** | CÁMERAS

CURRENT STATUS

Info de conexão:
 Conexão programada: 2000
 Máx. programa: 2000
 Sequência atual: 1406
 Arquivo: 8
 Máquina: 8
 Alarme ativo: 0
 Alarme desativado: 0
 Alarme desativado: 0

PROGRAMAS
 O4 (CASTA) 02:00:40.12.18
 O19 () 240
 O01 (PECA CURVO) 02:00:40.12.18
 O01 (LATERAL) 02:00:40.12.18
 O08 (PRE-SET) 02:00:40.12.18
 O101 (PRE-SET TEST) 02:00:40.12.18
 O102 (BOCAL) 02:00:40.12.18
 O104 () 040
 O106 () 432
 O100 (GROOVE) 02:00:40.12.18
 O108 (FRONTAL) 02:00:40.12.18
 O109 (PECA ALFARAT) 02:00:40.12.18
 O109 (AA) 02:00:40.12.18

CNC/FMC Read | WRITE | **cam_upload** | CÁMERAS

CURRENT STATUS

Info de conexão:
 Conexão programada: 2000
 Máx. programa: 2000
 Sequência atual: 1406
 Arquivo: 8
 Máquina: 8
 Alarme ativo: 0
 Alarme desativado: 0
 Alarme desativado: 0

PROGRAMAS
 O4 (CASTA) 02:00:40.12.18
 O19 () 240
 O01 (PECA CURVO) 02:00:40.12.18
 O01 (LATERAL) 02:00:40.12.18
 O08 (PRE-SET) 02:00:40.12.18
 O101 (PRE-SET TEST) 02:00:40.12.18
 O102 (BOCAL) 02:00:40.12.18
 O104 () 040
 O106 () 432
 O100 (GROOVE) 02:00:40.12.18
 O108 (FRONTAL) 02:00:40.12.18
 O109 (PECA ALFARAT) 02:00:40.12.18
 O109 (AA) 02:00:40.12.18



WebDNC: Peças Romi & Tolerância



WebDNC - GRACO UnB - Microsoft Internet Explorer

Localização Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

Localização: http://webdnc.graco.unb.br/webdnc/torno_cnc.html

CNC/PMC Read WRITE cnc_upload CÂMERAS

CURRENT STATUS

Início da conexão:
 Current program = 2700
 Main program = 2700
 Sequence number = 2310
 Avanço = 0
 Rotação = 0
 Alarm status = 0
 AXIS Absolute Relative Machine
 Distance

Read NC data registered on the memory in CNC:

video.graco.unb.br 1/4 [164.41.17.10]

Sex, 19-Ago-2005, 16:05:11.34 Cam 1/04

PR
 O4
 O1
 O3
 O5
 O5
 O1
 O1
 O1
 O3

N1090(TROCA DE SETU
 N1100G53
 N1110G0X390.0Z350.0T
 N1120M00
 N1130M36
 N1140M37
 N1150(INICIO SETUP2)
 N1160(WORKINGSTEP -
 USINAGEM F1)
 N1170G53
 N1180G0X390Z350T00

Alberto Jose Alvares, GRACO - UnB

WebDNC - GRACO UnB - Microsoft Internet Explorer

Localização Editar Ver Ir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

Localização: http://webdnc.alvarestech.com/webdnc/torno_cnc.html

PROGRAM

02600 N01890

Sex, 19-Ago-2005, 10:16:51.69 Cam 1/01

video 1/1 [164.41.17.10]

Sex, 19-Ago-2005, 10:12:06.68 Cam 1/04

02600 N01590

Sex, 19-Ago-2005, 09:42:43.34 Cam 1/01

Sex, 19-Ago-2005, 09:21:44.42 Cam 1/04

Sex, 19-Ago-2005, 09:44:08.80 Cam 1/04

Pelo CnC

CAIXA DE RE

editada nessa

Dados recebidos

Prof. Alberto Jose Alvares, GRACO - UnB

Java Applet Window



WebDNC: Espelho & Complexa



WebDNC - GRACO UnB - Mozilla Firefox

Arquivo Editar Exibir Favoritos Ferramentas Configurações Janela Ajuda

Localização: http://webdnc.graco.unb.br/webdnc/torne_cnc.html

CNC/PMC Read WRITE cnc_upload CÂMERAS

CURRENT STATUS:

X =
Z =
C =
Carregamento Atual =
Rotação Atual =

Update

PROGRAMS - S

O4 (CASTANHA)
O10 () - 240
O31 (PEÇA CUR
O98 (ATENCAO
O99 (ATENCAO
O100 (PRE-SEI
O101 (PRE-SET
O102 (ROSCA)
O334 (1-) - 840
O1000 () - 4320
O1005 (PROV

02900 N00990

4,8 fps (42,0 kb/s)

WebMachining (Statistics)

WebMachining (Statistics)

WebMachining (Statistics)

WebDNC - GRACO UnB - Microsoft Internet Explorer

Arquivo Exibir Favoritos Ferramentas Ajuda

Endereço: http://webdnc.graco.unb.br/webdnc/torne_cnc.html

CNC/PMC Read WRITE PROGRAM CÂMERAS

CURRENT STATUS:

X =
Z =
C =
Carregamento Atual =
Rotação Atual =

Update

FOCAS 1 ETHERNET FANUC 18I-TA

Selecione uma das funções nos menus acima para acessar dados CNC e/ou PMC.

CAIXA DE

Dados receb

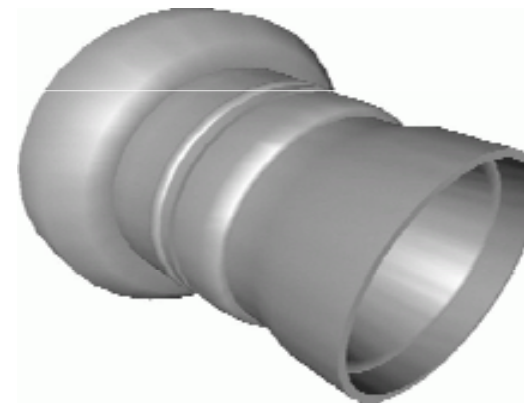
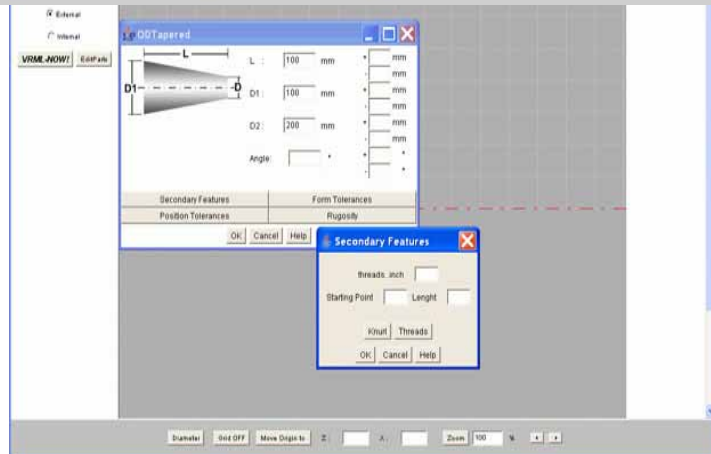
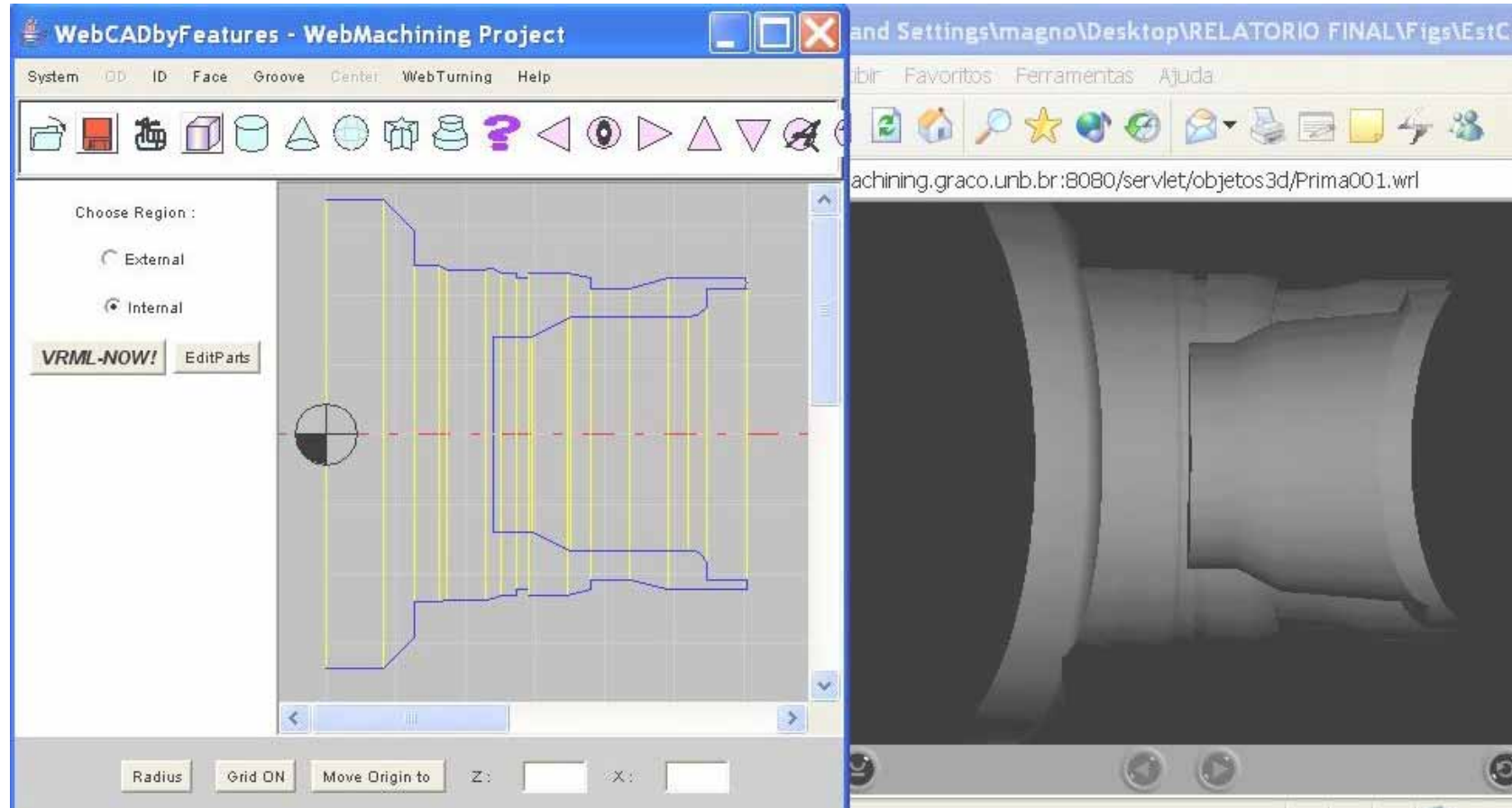
Alberto Jose Alvarez, GRACO

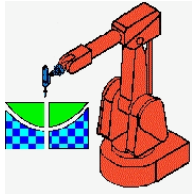
01311 N02680

1.665.182 320 x 240

1.665.781 320 x 240

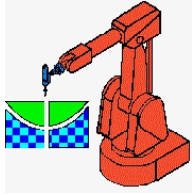
WebCADbyFEATURES: VISUALIZAÇÃO EIXO VRML





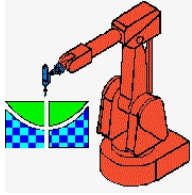
Mapeamento de Features

- Derivada da técnica de *mapeamento baseado em células*:
 - **Geométrico**: geometria da peça acabada e bruta, gerando um esquema de representação do tipo Poliforma Fechada;
 - **Setup**: determina-se inicialmente a quantidade de fixações necessárias (1, 2 ou 3) para fabricar a peça, a seguir as alternativas de fixação da peça para cada um dos *setups*, determinando-se as superfícies de fixação da peça e o grupo de features a serem usinadas em cada *setup*.



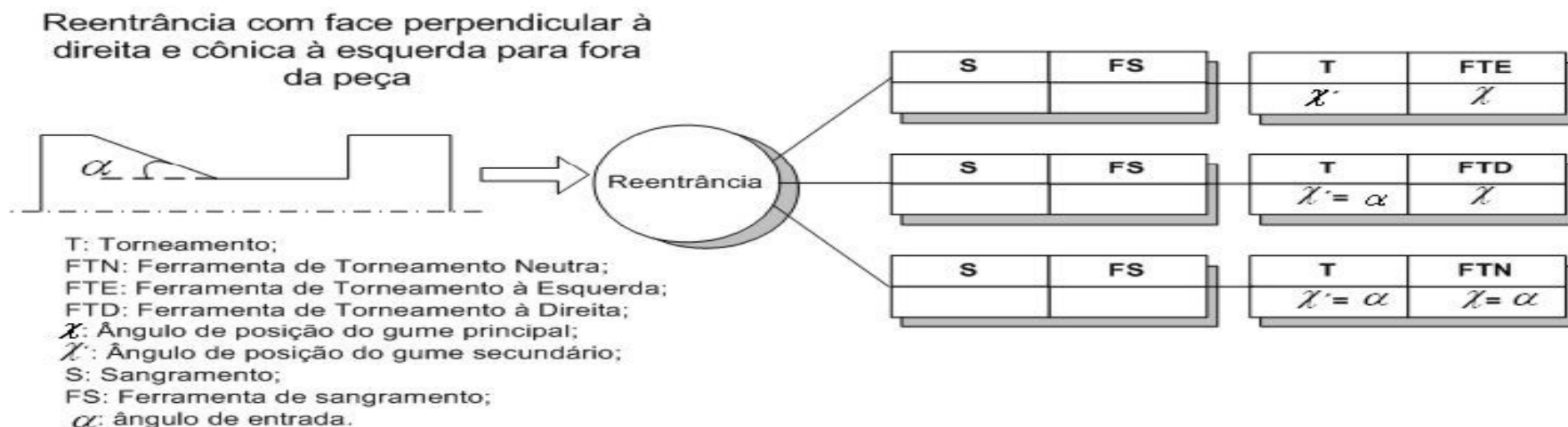
Mapeamento de Features

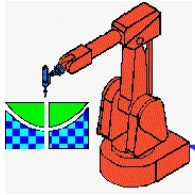
- **Operações de usinagem:** em função do tipo de feature, determina-se classe de mapeamento.
 - feature rosca ou um recartilhado pode ser mapeadas em um modelo de classe 1 \Rightarrow 1 usando um método heurístico.
 - canal, em função da sua geometria, pode ser mapeado em vários tipos de combinações de operações de usinagem podendo ser classificado como um mapeamento com alternativas, classe de *mapeamento especializado* (1 \Rightarrow n).



Workingsteps

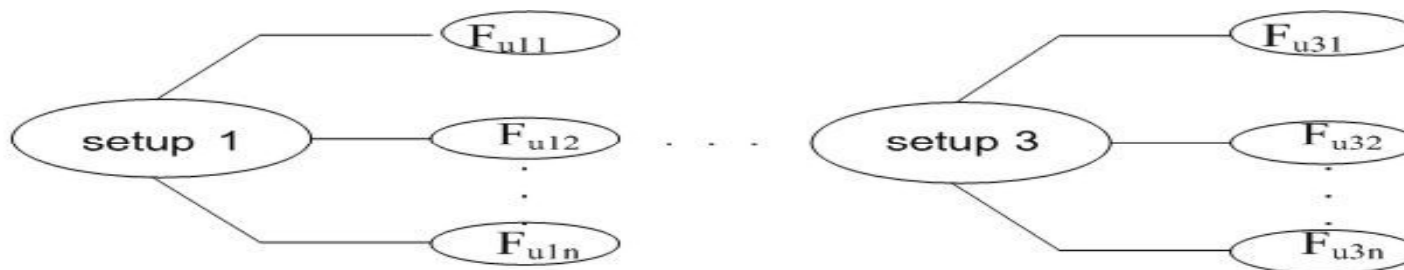
- Um *workingstep* de usinagem (*Machining_workingstep*) ou de torneamento (*Turning_workingstep*) associa a operação de usinagem a uma feature de usinagem, definindo no mínimo a ferramenta e os parâmetros tecnológicos de usinagem segundo STEP-NC.





Workplan (seqüência de operações)

- *workplan* (ISO 14649) é uma coleção de *workingsteps* com uma seqüência de execução, uma lista ordenada de executáveis, para um determinado *setup*.
- Restrições: de operações, geométricas, ferramentas, tolerâncias geométricas.



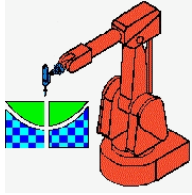
Relação de Features de usinagem por setup para operações de desbaste, semi-acabamento e acabamento.

	Fu11	Fu12	...	FUn
	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Fu11				
Fu12	x		x	x
Fu13	x			x
FUn		x		

Tabela de relacionamentos por setup

0	1	1	1
1	0	1	1
1	0	0	1
0	1	0	0

Matriz Adjacente por Setup



Workplan

A matrix adjacente, $X = [x_{ij}]$ de um dado Grafo Direcionado G é uma matriz “n” por “n” com elementos³ (0,1) desta matriz:

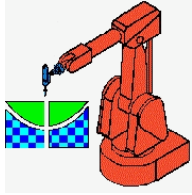
$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se existe um arco direcionado do } i\text{-th vértice ao } j\text{-th vértice;} \\ 0 & \text{ou se não existe um arco direcionado} \end{cases}$$

do i-th vértice ao j-th vértice.

O algoritmo para determinação da matriz de acessibilidade R é apresentado abaixo, sendo desenvolvido DEO (1974) e aplicado pela primeira vez por SUNDARAM (1986) em problemas de sequenciamento de operações de usinagem:

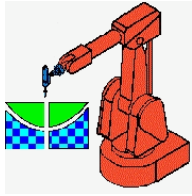
- Passo1: Sejam $x_{1i}, x_{1j}, \dots, x_{1m}$ elementos não zero da primeira linha. Adicione as $i_{th}, j_{th}, \dots, m_{th}$ linhas para a primeira linha. Troque os elementos não zero por 1 (soma booleana).
- Passo2: Suponha que existam k elementos adicionais não zero p, q, \dots, r gerados na primeira linha como resultado do passo 1. Adicione as linhas $p_{th}, q_{th}, \dots, r_{th}$ para a primeira linha e troque cada elemento não zero por 1.
- Passo3: Repita o passo 2 até que nenhum elemento adicional 1 possa ser adicionado para primeira linha pelo procedimento.
- Passo4: Repita o processo para cada linha de X .
- Passo5: Finalmente faça a soma algébrica de cada linha da matriz R . A seqüência ótima de precedência de features de usinagem é determinada pela ordem decrescente da soma obtida.

Pode-se representar o resultado desta atividade através de uma matriz de “n” *workingsteps*, relacionando “m” features de usinagens e opções de operações (“n” operações) de usinagem para fabricar a feature (planos alternativos) através de uma matriz, sendo “n” \geq “m”.



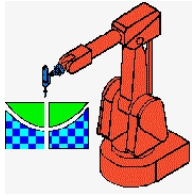
Estratégias: Trajetórias de Ferramentas

- Método de raciocínio geométrico sobre o perfil geométrico
- Estratégias especificadas na ISSO 14649 –Part 12
 - trajetória de aproximação/abordagem: trajetória desenvolvida pela ferramenta a partir do ponto de aproximação (plano de aproximação), para abordagem da peça a fim de iniciar o corte;
 - trajetória de usinagem: trajetória desenvolvida pela ferramenta para usinagem da peça, após a execução da trajetória de aproximação para início de usinagem, onde há remoção de material;
 - trajetória de afastamento/retração: trajetória desenvolvida pela ferramenta ao final de um passe de usinagem, para se afastar da peça posicionando-se no ponto de retração (plano de retração), que poderá ser o mesmo que o plano de aproximação;
 - trajetória de transição da ferramenta: qualquer trajetória desenvolvida pela ferramenta para se posicionar no ponto de aproximação.



Ferramentas: Pastilhas e Suportes

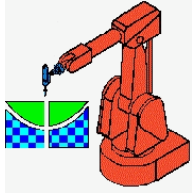
- Dois critérios:
 - Tipo de operação associada a feature de usinagem
 - Material da peça a ser usinado
- Base de dados relacional (mysql).
 - Determina-se o suporte compatíveis com a operação considerada;
 - Sistema de fixação da ferramenta é selecionado: movimentação evitando choque com a peça (ângulo de abordagem (entrada) do suporte;
 - > ângulo de entrada é preferível, caso não tenha um ângulo adequado para usinagem da feature.
 - Determinação das dimensões do suporte (mais largo e menor comprimento)
 - Monta-se tabela de relacionamentos entre features e alternativas de ferramentas, para cada operação (preferência tools na torre, porta-ferramentas).
 - Determina-se o inserto a ser utilizado, relacionado a sua geometria.



Linearização do Plano de Processos com Alternativas

- Matriz relacionando workplan por setup e workingstep “i” (custo ou tempo)
- Análise em conjunto com Grafo E/OU
- Otimização por GA (Custo ou Tempo)

workingsteps workplan não linear	1	2	3	4	n
1	3	6		5	7
2		2	3	4	5
3	10	20	30		10
4		13	12	16	18
j	10	5	10		3



Linearização do Plano de Processos com Alternativas

$$CW = \sum_{i=1}^n (CustoWorkingstep_i) + \sum_{i=1}^{n-1} (CustoSetup_{i \rightarrow i+1} * \Omega(Workingstep_i, Workingstep_{i+1})) \quad (1)$$

$$TW = \sum_{i=1}^n (TempoWorkingstep_i) + \sum_{i=1}^{n-1} (TempoSetup_{i \rightarrow i+1} * \Omega(Workingstep_i, Workingstep_{i+1})) \quad (2)$$

sendo $CustoSetup_{i \rightarrow i+1}$ ou $TempoSetup_{i \rightarrow i+1}$ o custo ou tempo de *setup* para trocar do $Workingstep_i$ para o $Workingstep_{i+1}$ (3) e n o número de *workingstep* do *workplan*:

$$\Omega(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \neq y \\ 0, & \text{se } x = y \end{cases} \quad (3)$$



Conclusão: Contribuições



1. A metodologia de integração CAD/CAPP/CAM é inédita: concebida para projeto detalhado colaborativo, planejamento de processo não-linear e fabricação remota de peças rotacionais via *Web*.
2. Implementação computacional do sistema WebMachining (WebCADbyFeatures, WebCAPP e WebCAM), utilizando tecnologia *Web*: é inédita.
3. CAD colaborativo baseado em *features* voltado para *Web*: é inovador na sua concepção, bem como, na aplicação voltada ao projeto colaborativo de peças rotacionais simétricas (*features* concêntricas) e assimétricas (*features* não-concêntricas), permitindo a visualização da peça modelada em 2D e 3D (VRML).



Conclusão: Contribuições

1. Tratamento de *features* concêntricas do tipo *splines* e não-concêntricas (Eixo C) pelo sistema integrado CAD/CAPP/CAM, estendendo o modelo CAM-I e STEP-NC para torneamento.
2. Modelagem colaborativa para desenvolvimento de produto via *Web* baseada em sistema multiagente.
3. CAPP generativo e não-linear voltado para *Web* (*applet* e *servlet*) e aderente à STEP-NC:
 - ✓ É inovador, principalmente na aplicação escolhida, voltada para planejamento do processo de peças rotacionais simétricas e assimétricas gerando planos de processos com alternativas (plano de processo não-linear).
 - ✓ Vários métodos propostos e implementados para resolução das atividades relacionadas ao planejamento de processo são inovadores, como a decomposição orientada ao *setup*, geometria e operação, geração de planos de processos não-lineares, otimização das condições de usinagem baseada em algoritmos genéticos e linearização do plano de processo baseado em algoritmos genéticos.



1. Supervisão, monitoração e teleoperação do centro de usinagem Galaxy 15M da Romi (CNC Fanuc 18i-ta) via *Web*, podendo-se supervisionar, monitorar e comandar a máquina-ferramenta remotamente, alterando-se parâmetros do CNC e do PLC.
 - ✓ O sistema de supervisão e teleoperação via *Web* está integrado aos servidores de *streaming* de vídeo e de áudio, que permitem uma imersão do usuário remoto no chão-de-fábrica.
2. Integração baseada em banco de dados relacional compartilhando toda a informação do sistema aliada à arquitetura multiagente e sistemas distribuídos, utilizando-se de *applets* e *servlets* em uma arquitetura cliente-servidor via *Web*.
3. Identificação e discussão de técnicas disponíveis para telemanufatura via *Web*.
 - ✓ Isto inclui técnicas e protocolos tais como CGI, HTTP, HTML, Java, sistemas multiagentes, VRML, *servlets*, entre outros.



Conclusão: Contribuições



1. Análise detalhada de características da Internet para aplicação de telemanufatura, levando em conta o balanceamento da funcionalidade disponível na arquitetura cliente-servidor em relação à largura de banda, afim de minimizar o *delay* inerente ao protocolo TCP/IP.
2. CAPP trabalha com planos de processos alternativos (não-linear), utilizando a estrutura de dados e nomenclatura denida pela norma STEP-NC.
3. Linearização do plano de processos (*Workplan*) baseada em algoritmo genético.
4. Modelagem e otimização das condições de usinagem baseada em algoritmo genético.



Webmáquina - Konqueror

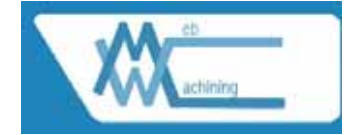
Conclusão: WebCADbyFeatures



1. Permite o projeto detalhado colaborativo via *Web* utilizando um sistema multiagente como moderador;
2. Utiliza servidores multi-plataforma baseados em *servlets*, JATLite, HTTP, MySQL e FTP; implementados em linguagem Java, HTML, Javascript e PHP;
3. Cliente baseado em *applet* Java, usando AWT, possibilitando total compatibilidade com os *browsers*, bastando ativar a máquina virtual Java;
4. Não é necessário nenhum software complementar para modelagem de produto, apenas a instalação de um *plug-in* para visualização da peça em VRML;
5. Sistema multi-usuário e multi-tarefa, baseado em *threads*, tanto no lado do servidor quanto no lado do cliente;



Conclusão: WebCADbyFeatures



1. Comunicação a distância entre pessoas, eliminando as barreiras geográficas e temporais para desenvolvimento de produto, permitindo a implementação de Engenharia Simultânea;
2. Modelagem usando *splines* para *features* do tipo *general_revolution* e possibilidade de introdução de *features* não-concêntricas (*features* de Eixo C), extrapolando STEP NC-Part 12 (ISO 14649, 2003);
3. Rapidez e segurança na comunicação entre os agentes;
4. Integrado a um sistema de planejamento do processo generativo (WebCAPP) e fabricação remota (WebTurning) via *Web* através de *servlets* e *applets*;
5. Nesta versão foi implementado a modelagem VRML via *servlets* apenas para *features* concêntricas, não tendo-se implementado para nenhuma *feature* não-concêntrica.



Conclusões: WebCAPP



1. Os principais métodos propostos para as atividades associadas ao microplanejamento do WebCAPP foram implementados:
 - ✓ novo método concebido para mapeamento *defeatures* de projeto em *features* de fabricação (usinagem e torneamento) baseado em *setup*, geometria e operação, levando em conta alternativas de usinagem.
2. Muitas *features* de Eixo C não foram implementadas nesta versão.
3. Os métodos propostos para otimização de condições de usinagem e *Workplan* baseados em algoritmos genéticos foram desenvolvidos em MatLab:
 - ✓ Estes métodos trabalham *off-line* e não estão totalmente integrados nesta versão do sistema WebMachining.



1. Estratégia de teleoperação: controle supervisorío com predomínio do controle realizado pelo operador humano;
2. WebTurning apresenta como contribuição uma arquitetura cliente/servidor, baseada em tecnologia *Web* e multiplataforma, podendo ser aces sado via *browser* sem a necessidade de nenhum software proprietário para teleoperação.
3. Imersão do usuário remoto no chão-de-fábrica através da monitoração por vídeo e áudio em tempo real e por detecção de movimento, gravação de imagens e *playback* de eventos no chão-de-fábrica.



Sugestões: Trabalhos Futuros



1. Acrescentar as *features* de Eixo C previstas e não implementadas;
2. Acrescentar um módulo de reconhecimento de *features* de projeto a partir de arquivos STEP ou IGES, gerado por outro sistema CAD comercial ou acadêmico, para a estrutura *defeatures* de forma de projeto utilizada pelo sistema WebMachining:
 - ✓ transformando o sistema WebCADbyFeatures em um sistema híbrido, baseado em síntese *defeatures* e reconhecimento *defeatures*;
3. Integrar os métodos de otimização de condições de usinagem e de linearização do *Workplan* baseados em algoritmos genéticos usando o MatLab via *Web* ao sistemas WebMachining;
4. Portar para Java (*servlet* e *applet*) os métodos de otimização de condições de usinagem e de linearização do *Workplan* baseados em algoritmos genéticos;



Sugestões: Trabalhos Futuros



1. Finalizar a representação do plano de processo não-linear através de grafo E/OU via *applet* (WebCAPP);
2. Gerar mais alternativas de ferramental e operações de usinagem no planejamento de processo;
3. Melhorar a documentação do plano de processo e sua apresentação para o usuário;
4. Integrar o sistema WebMachining ao sistema de programação da produção associado à FMC do GRACO, na qual o centro de torneamento Galaxy 15M está integrado (chão-de-fábrica);
5. Gerar código G para tornos de outros fabricantes, que estariam disponíveis para serem utiliza-dos pelo sistema WebTurning em outras células ou sistemas de fabricação, como por exemplo pelo FMS da Sociesc de Joinville.



Sugestões: Trabalhos Futuros



1. Realizar uma análise metrológica mais aprofundada das peças fabricadas. Nos estudos de casos foram realizadas apenas medições de diâmetros e de comprimento das cotas críticas das peças fabricadas;
2. Implementar *servlet* VRML para *features* de Eixo C;
3. Implementação das demais funções FOCAS1 no servidor WebDNC, bem como o desenvolvimento de um cliente totalmente baseado em Java, emulando as telas do CNC, aumentando-se o grau de imersão do usuário remoto no chão-de-fábrica;
4. Estudar a possibilidade de implementação de alguns módulos do sistema WebMachining baseado em RMI (*Remote Method Invocation*) e CORBA, permitindo a chamada entre objetos Java e objetos escritos em outras linguagens, como ocorre com o protocolo FOCAS1 (linguagem C usando SO Windows).



CONCLUSÃO

<http://WebMachining.AlvaresTech.com>

- A metodologia proposta utiliza a tecnologia de Redes/Internet para oferecer um novo paradigma para o desenvolvimento dos futuros ambientes integrados CAD/CAPP/CAM.
- Estes ambientes serão globais, centrados em rede e espacialmente distribuídos, tendo como GUI com o sistema CAD/CAPP/CAM navegadores baseados na Web
- Contribuições: desenvolvimento de sistemas de telemanufatura baseado na Web, integrando atividades de projeto, planejamento de processos e de manufatura através da modelagem por features e utilizando os protocolos TCP/IP.



CONCLUSÃO

<http://WebMachining.AlvaresTech.com>

- Sistema multiagente que viabiliza o projeto colaborativo;
- Arquitetura cliente-servidor, constituído por servidores, páginas HTML e Java applets, que permitem que o usuário remoto faça a modelagem colaborativa da peça em 2D;
- Visualização em 2D e 3D, através de VRML;
- Dentre as características do sistema WebCADbyFeatures tem-se:
- Utiliza servidores multi-plataforma baseados em Servlets, JATLite, HTTP, MySQL e FTP; implementados em linguagem Java, HTML, Javascript e PHP. Os servidores foram desenvolvidos em plataforma Linux, por ser mais estável e robusta, quando comparado à plataforma Windows, que também pode ser utilizada;
- Clientes baseados em applet Java;



CONCLUSÃO

<http://WebMachining.AlvaresTech.com>

- Não é necessário nenhum software complementar para modelagem de produto, apenas a instalação de um plug-in para visualização da peça em VRML;
- Sistema multi-usuário e multi-tarefa, baseado em threads, tanto no lado do servidor quanto no lado do cliente;
- Comunicação a distância entre pessoas, eliminando as barreiras geográficas e temporais para desenvolvimento de produto, permitindo a implementação de Engenharia Simultânea;
- Modelagem usando Splines para features do tipo `general_revolution` e possibilidade de introdução de features não concêntricas (features de eixo C), indo além do STEP NC-Part 12 (ISO 14649, 2003);
- rapidez e segurança na comunicação entre os agentes;
- integrado a um sistema de planejamento do processo generativo (WebCAPP) e fabricação remota (WebTurning) via web.

