



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPTO DE ENG. MECÂNICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM SISTEMAS MECATRÔNICOS

CURSO DE MESTRADO/DOCTORADO EM SISTEMAS MECATRÔNICOS

SOLICITAÇÃO DE INSCRIÇÃO

Informações Pessoais (Preencher em letra de forma ou datilografar)

1. Nome: Alexandre Fieno da Silva
 Data de Nascimento: 08/06/1979 Cidade: Fernandópolis Estado: SP
 Sexo: Masculino Estado Civil: Casado Identidade: 29464895-1
 Filiação: Adão do Carmo Silva e Vera Lucia Fieno Silva
 C.P.F.: 283707888-31 e-mail: alexandrefieno@gmail.com

2. Endereço: Rua Geraldo Pimentel Barbosa, 62 – Vila Mariana
 CEP: 38600-000 Cidade: Paracatu Estado: MG
 Telefone: (38) 8825-4412 Telefone para recado: (38) 3671-1498

3. Resumo da Formação Superior (iniciar pelo último curso freqüentado)

Universidade / Departamento	Período	Titulação e Especialização Obtida
CEUV	<u>02/99 a 12/02</u>	Graduado
UFU / FACOM	<u>02/03 a 08/05</u>	Mestrado
	<u>__/__/__ a __/__/__</u>	
	<u>__/__/__ a __/__/__</u>	

4. Idiomas estrangeiros que domina?

Inglês (x) Lê (x) Escreve () Fala
 _____ () Lê () Escreve () Fala
 _____ () Lê () Escreve () Fala

5. Resumo da Experiência Profissional (Iniciar pela última função ocupada)

Entidade	Função	Período
Tecsona	Professor	<u>02 / 07 a 06 / 07</u>
FINOM	Professor	<u>02 / 05 a data atual</u>
FINOM	Coordenador	<u>02 / 08 a data atual</u>
		<u>__/__/__ a __/__/__</u>

6. Recursos Financeiros

(x) Próprios
 () Bolsa concedida por _____
 () Bolsa solicitada a(o) _____
 (x) Pleiteia Bolsa através da UnB

() Outros (especificar) _____

7. Indique as pessoas a quem você solicitou carta de recomendação:

1) Nome: Célia Aparecida Zorzo Barcelos

Ocupação: _____

Endereço: _____

2) Nome: Ilmério Reis da Silva

Ocupação: _____

Endereço: _____

8. _____
Local e data Assinatura do candidato

NOTA IMPORTANTE: Esta solicitação deve ser complementada com os seguintes documentos:

1) Cópia (xerox) de:

- Carteira de Identidade
- C.P.F.
- Título de Eleitor e comprovante de votação
- Certificado de Reservista (quando for o caso)
- Diploma do Curso Superior (autenticada)
- Histórico Escolar (autenticada)

2) Curriculum Vitae

3) 2 (duas) cartas de recomendações (a ser enviada diretamente pelo recomendante)

4) 2 (duas) fotos 3x4



CURSO DE DOUTORADO EM SISTEMAS MECATRÔNICOS

FOLHA DE INFORMAÇÕES SOBRE O CANDIDATO AO DOUTORADO

As informações solicitadas nestas folhas destinam-se a auxiliar no processo de seleção dos candidatos ao **Doutorado** e não serão divulgadas ou utilizadas com qualquer outra finalidade. Embora alguns dados já tenham sido solicitados em outros formulários, pedimos que os informe novamente.

Nos itens que apresentam alternativa de respostas, assinale com um “X” a sua resposta. Caso necessite, complete qualquer resposta em folha anexa.

1. Nome do candidato: Alexandre Fieno da Silva

2. Idade: 29 anos

3. Sexo: (x) masculino () feminino

4. Estado Civil: solteiro () casado (x)

5. Número de dependentes: 1

6. Curso de Graduação:

() Engenharia Mecânica

() Engenharia Química

() Engenharia Elétrica

() Engenharia Metalúrgica ou Materiais

() Engenharia Mecatrônica

() Física

() Engenharia Civil

(x) Outro: Ciências da Computação

7. Ano da Graduação: 2002

8. Onde trabalha atualmente:

() Instituição de Ensino de 1º e/ou 2º grau

(x) Instituição de Ensino Superior

() Instituição ou Laboratório de Pesquisas

() Serviço Público

() Empresa Pública



- Empresa Privada
- Autônomo
- Não trabalha atualmente

9. Número de anos no trabalho em tempo integral: 1,5

10. Onde gostaria de trabalhar após o curso:

- Instituição de Ensino Superior
- Instituição ou Laboratório de Pesquisas
- Serviço Público
- Empresa Pública
- Empresa Privada
- Autônomo
- Onde arranjar emprego
- Empregador

11. Tipo de vínculo que manterá com a empresa onde trabalha durante a realização do curso:

- Nenhum, pretendo pedir demissão
- Licença sem remuneração
- Licença com remuneração parcial
- Licença com remuneração integral
- Liberação em tempo parcial
- Não se aplica

12. Como pretende financiar-se durante a realização do curso:

- Salário
- Ajuda de Custo da organização onde trabalha
- Bolsa CNPq/CAPES concedida pelo curso
- Bolsa PICD ou outro tipo de bolsa
- Recursos próprios; se não conseguir bolsa
- Recursos próprios.

13. Forma pela qual tomou conhecimento do curso a que está se candidatando:

- Através de cartazes e/ou material de divulgação
- Através de publicações especializadas
- Anúncio em jornais e/ou revistas
- Através de palestras
- Através de professores do curso
- Através de ex-alunos
- Através de empregador e/ou colegas de trabalho
- Através de professores e/ou colegas de graduação
- Através de parentes ou amigos
- Outros



14. Atividades realizadas durante o curso de Mestrado (marcar todas as atividades realizadas).

- Monitorias
- Estágios técnicos em indústrias ou empresas de engenharia
- Trabalhos de pesquisa
- Cursos extra-curriculares
- Participação em Congressos, Conferências etc.,
 com sem apresentação trabalhos
- Outras

15. Indique o Título da Dissertação de Mestrado e o(s) nome(s) do(s) professor(es) orientador(es).

Reconhecimento de Faces via PCA - Análise de Desempenho

Celia Aparecida Zorzo Barcelos

16. Escreva o Resumo da sua Dissertação

Com o aumento das atividades criminosas, como roubos a bancos, seqüestros, etc., a necessidade de identificar uma pessoa de forma mais segura e eficaz tornou-se imprescindível. Vários algoritmos são propostos a fim de resolver alguns desafios encontrados nos sistemas de recuperação, como efeitos de pose, iluminação, efeitos da idade e expressão facial.

Um método clássico e vastamente usado no reconhecimento de faces é a análise da componente principal (Principal Component Analysis - PCA) proposto por Turk e Pentland em 1991. O PCA tem como objetivo procurar as componentes principais da distribuição de faces, ou seja, os autovetores da matriz covariância do conjunto de faces, onde cada autovetor representa a variação entre as faces (autofaces).

Os estudos abordados neste trabalho são dedicados ao desempenho do PCA na recuperação de faces, considerando diferentes poses, expressões faciais e iluminação. O PCA é analisado quando a face consulta tem suas características modificadas (por exemplo, ruído, oclusões, recorte, etc.). É feita uma análise de como essas modificações podem alterar os resultados da busca, além da influência da iluminação e da pose na recuperação de face. Também é analisado o desempenho do PCA em relação à quantidade de autovalores que devem ser selecionados para se obter um bom resultado de recuperação e quais autovalores escolher.

No problema de iluminação um filtro de suavização é usado em um conjunto de faces e, posteriormente, o PCA é aplicado na parte da imagem que contém as texturas, os detalhes e os ruídos, oriundos da diferença da imagem original e da imagem suavizada. O objetivo é melhorar a recuperação de face sob as mais variadas condições de iluminação.

17. Descreva as publicações realizadas em Congressos e/ou Revistas.

SILVA, A. F.; BARCELOS, C. A. Z.; BATISTA, M. A. Explorando o PCA no Reconhecimento de Face. In: CILAMCE IBERIAN LATIN AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING, 2006, Belém. CILAMCE Iberian Latin American Congress on Computational Methods In Engineering, 2006.

SILVA, A. F.; BARCELOS, C. A. Z.; BATISTA, M. A. Uma Análise de Desempenho do PCA no Reconhecimento de Face. In: SIBGRAPI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA, PROCESSAMENTO DE IMAGENS E VISÃO COMPUTACIONAL, 2006, Amazonas. SIBGRAPI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA, PROCESSAMENTO DE IMAGENS E VISÃO COMPUTACIONAL, 2006.

SILVA, A. F.; BARCELOS, C. A. Z.; SILVA, I. R. Os efeitos da Iluminação e da Pose no Reconhecimento de Face Humana. In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, 2005, São Paulo. CNMAC, 2005.

SILVA, A. F.; LOPES, I. O.; BARCELOS, C. A. Z. Reconhecimento de Faces usando Autofaces. In: XV Jornada de Matemática de Catalão, 2004, Catalão - GO. Reconhecimento de Faces usando Autofaces, 2004.

LOPES, I. O.; SILVA, A. F.; BARCELOS, C. A. Z.; BATISTA, M. A. Introdução à Marca d'Água. In: XV Jornada de Matemática de Catalão, 2004, Catalão - GO. Introdução à Marca d'Água, 2004.

18. Por que decidiu fazer o Doutorado?

Pois vejo a necessidade de um aprimoramento. Além de desejar trabalhar em uma IES que visa a pesquisa e desenvolvimento de atividades.

19. Por que escolheu este curso?

Este curso surgiu por acaso. O curso não foi escolhido, mas sim a linha de pesquisa na qual trabalharei. Além de gostar muito da área de engenharia.

Paracatu, 28 de janeiro de 2009

Assinatura

Alexandre Fieno da Silva

graduado pelo Centro Universitário de Votuporanga e pós-graduado (mestrado) pela Universidade Federal de Uberlândia no curso de Ciências da Computação. Atualmente, coordenador do curso de Tecnologia em Sistemas de Informação na Faculdade do Noroeste de Minas (FINOM). Tem experiência na área de Ciência da Computação com ênfase em Processamento Digital de Imagens, atuando principalmente nos seguintes temas: Reconhecimento de Face Humana, Autenticação por Impressão Digital, Softwares Educativos, Computação Gráfica e Programação web.
(Texto informado pelo autor)

Última atualização do currículo em 12/12/2008

Endereço para acessar este CV:
<http://lattes.cnpq.br/9311026715312654>



**Certificado
pelo autor em
12/12/08**

Dados pessoais

Nome Alexandre Fieno da Silva

Nome em citações bibliográficas SILVA, A. F.

Sexo Masculino

Endereço profissional Faculdade do Noroeste de Minas.
Rod. MG 188 - km 167
Fazendinha
38600-000 - Paracatu, MG - Brasil - Caixa-Postal: 201
Telefone: (38) 33112000 Ramal: 2048
URL da Homepage: www.finom.edu.br

Formação acadêmica/Titulação

2003 - 2006 Mestrado em Ciência da Computação Universidade Federal de Uberlândia, UFU, Brasil.
Título: Reconhecimento de Faces via PCA - Análise de Desempenho, *Ano de Obtenção:* 200
Orientador: Celia Aparecida Zorzo Barcelos.
Palavras-chave: face recognition; Esteganografia; pose.

1999 - 2002 Graduação em Ciência da Computação. Centro Universitário de Votuporanga, UNIFEV, Bras

Atuação profissional

Vínculo institucional

2008 - Atual Vínculo: Coordenador, Enquadramento Funcional: Contratado, Carga horária: 40

Outras informações Coordenador do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas

Vínculo institucional

2007 - 2007 Vínculo: Analista de Sistemas, Enquadramento Funcional: Horista, Carga horária: 24

Atividades

02/2007 - Atual Pesquisa e desenvolvimento , Iniciação Científica, .

Linhas de pesquisa
[Modelo de um Sistema de Autenticação por Impressão Digital](#)
[Reconhecimento Facial](#)

02/2005 - Atual Ensino, Tecnologia em Sistemas de Informação, Nível: Graduação.

Disciplinas ministradas
Análise Estruturada de Sistemas
Arquitetura e Organização de Computadores
Informática na Educação

	<p>Introducao a Ciencia da Computacao Introdução à Informática Linguagem de Programação Programação Web Sistemas Multimídias</p>
08/2007 - 12/2008	<p>Pesquisa e desenvolvimento , Projeto de Pesquisa, .</p> <p>Linhas de pesquisa Avaliação Institucional Sistemas WEB</p>
2007 - 2008	<p>Atividades de Participação em Projeto, Iniciação Científica, .</p> <p>Projetos de pesquisa Modelo de um Sistema de Autenticação por Impressão Digital</p>
Vínculo institucional	
2007 - 2007	Vínculo: Professor, Enquadramento Funcional: Horista, Carga horária: 2
Atividades	
02/2007 - 06/2007	<p>Ensino, Fisioterapia, Nível: Graduação.</p> <p>Disciplinas ministradas Informática aplicada na saúde</p>

Linhas de Pesquisa

1. Modelo de um Sistema de Autenticação por Impressão Digital

Objetivos: Visa o aprendizado das metodologias existentes, onde serão coletadas todas as impressões digitais bem como sua aplicação como autenticador e, o desenvolvimento de um sistema de autenticação digital, que capture a impressão digital, por meio de um scanner compare com outras digitais armazenadas em um banco de dados de impressões digitais..
Palavras-chave: biometria; autenticação; Impressão digital.

2. Reconhecimento Facial

Objetivos: Fazer um levantamento sobre os principais métodos de reconhecimento de face, suas limitações, além da elaboração de um protótipo que funcionará como um sistema de autenticação facial.
Palavras-chave: biometria; face recognition; iluminação.

3. Avaliação Institucional

Objetivos: Desenvolver sistemas para facilitar a avaliação pelo corpo docente, discente e administradores em Instituições de Ensino..

4. Sistemas WEB

Objetivos: Desenvolvimento de sistemas voltados para atividades WEB..

Projetos de Pesquisa

2007 - 2008 Modelo de um Sistema de Autenticação por Impressão Digital

Descrição: Visa o aprendizado das metodologias existentes, onde serão coletadas todas as impressões digitais bem como sua aplicação como autenticador e, o desenvolvimento de um sistema de autenticação digital, que capture a impressão digital, por meio de um scanner compare com outras digitais armazenadas em um banco de dados de impressões digitais...

Situação: Concluído; *Natureza:* Pesquisa.

Alunos envolvidos: Graduação (1) / Especialização (0) / Mestrado acadêmico (0) / Mestrado profissional (0) / Doutorado (0) .

Integrantes: Liniker de Almeida Fortunato - Integrante / Alexandre Fieno da Silva - Coordenador
Número de orientações: 1.

Membro de corpo editorial

2007 - Atual Periódico: Humanidade e Tecnologia

Áreas de atuação

1. *Grande área:* Ciências Exatas e da Terra / *Área:* Ciência da Computação / *Subárea:* Banco de *Especialidade:* Processamento Digital de Imagens.
2. *Grande área:* Ciências Exatas e da Terra / *Área:* Ciência da Computação.

Idiomas

Espanhol Compreende Pouco Lê Pouco.

Inglês Compreende Razoavelmente, Fala Razoavelmente, Lê Bem, Escreve Razoavelmente.

Produção em C,T & A

Trabalhos completos publicados em anais de congressos

1. ★ SILVA, A. F. ; BARCELOS, C. A. Z. ; BATISTA, M. A. . Explorando o PCA no Reconhecimento de Face. In: C LATIN AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING, 2006, Belém. CILAMCE American Congress on Computational Methods In Engineering, 2006.

Resumos publicados em anais de congressos

1. ★ SILVA, A. F. ; BARCELOS, C. A. Z. ; BATISTA, M. A. . Uma Análise de Desempenho do PCA no Reconhecim SIBGRAPI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA, PROCESSAMENTO DE IMAGENS E VISÃO COMPUTACIONAL, 2006, Amazonas. SIBGRAPI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA, PRO IMAGENS E VISÃO COMPUTACIONAL, 2006.
2. ★ SILVA, A. F. ; BARCELOS, C. A. Z. ; SILVA, I. R. . Os efeitos da Iluminação e da Pose no Reconhecimento d Congresso Nacional de Matematica Aplicada e Computacional, 2005, São Paulo. CNMAC, 2005.
3. SILVA, A. F. ; LOPES, I. O. ; BARCELOS, C. A. Z. . Reconhecimento de Faces usando Autofaces. In: XV Jornad: Catalão, 2004, Catalão - GO. Reconhecimento de Faces usando Autofaces, 2004.
4. LOPES, I. O. ; SILVA, A. F. ; BARCELOS, C. A. Z. ; BATISTA, M. A. . Introdução à Marca d' Água. In: XV Jornad: Catalão, 2004, Catalão - GO. Introdução à Marca d' Água, 2004.

Apresentações de Trabalho

1. ★ SILVA, A. F. ; LOPES, I. O. . Reconhecimento de Faces usando Autofaces. 2004. (Apresentação de Trabalhc

Softwares sem registro de patente

1. ★ SILVA, A. F. . CPASAI - Sistema Acadêmico Institucional da Comissão Própria de Avaliação. 2007.

Demais tipos de produção técnica

1. SILVA, A. F. . Introdução à Algoritmos. 2008. (Curso de curta duração ministrado/Outra).
2. SILVA, A. F. . Desenvolvimento de Sites usando Dreamweaver e ASP. 2008. (Curso de curta duração ministrado
3. SILVA, A. F. . Introdução ao Photoshop. 2007. (Curso de curta duração ministrado/Outra).
4. SILVA, A. F. . Introdução ao CorelDraw 9. 2007. (Curso de curta duração ministrado/Outra).
5. SILVA, A. F. . A informática na Educação. 2007. (Programa de rádio ou TV/Entrevista).
6. SILVA, A. F. . Tecnólogos em Sistemas de Informação. 2007. (Programa de rádio ou TV/Entrevista).
7. SILVA, A. F. . Manutenção de Computadores. 2006. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).

Bancas

Trabalhos de Conclusão de Curso de graduação

1. GONTIJO, F.; LILIS, J.; Silva, F.B.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Josilene Caldas Melo. Sistema de Cc 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do
2. LILIS, J.; SANTOS, D. G.; Caixeta, P.H.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Solange Aparecida Rodrigues E Locadora de DVD. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informaçã: Noroeste de Minas.
3. GONTIJO, F.; SANTOS, D. G.; Clemente, E.P.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Regina Luiz Xavier. Jogc 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do
4. GONTIJO, F.; Silva, F.B.; SANTOS, D. G.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Sabrina Izabel de Oliveira e S Visual-Digital. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Noroeste de Minas.
5. MARTINS, C. E. D.; ALMEIDA, V. C.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Áderson Barcelar Cardoso. Modelã Tridimensional Institucional para Ambiente Virtual. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnc de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas.
6. ALMEIDA, V. C.; SANTOS, D. G.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Daniel Gomes da Silva. Implementaçã para o Gerenciamento de Material Pedagógico baseado em Tecnologia Open-Source. 2008. Trabalho de Conclus: (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas.
7. SANTOS, D. G.; ALMEIDA, V. C.; SILVA, A. F.. Participação em banca de José Eustáquio Soares de Amorim. SI Controle Ordem de Serviço. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Faculdade do Noroeste de Minas.
8. ALMEIDA, V. C.; SANTOS, D. G.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Luciana Maria Teixeira Moura. Implemã Disciplina da Graduação Presencial dentro de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). 2008. Trabalho de C (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas.
9. SANTOS, D. G.; ALMEIDA, V. C.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Rone Barbosa Nascimento. CONTEM de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Mi
10. MARTINS, C. E. D.; SANTOS, D. G.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Wesley Cardoso de Castro. SISCA CONTROLE DE ALUNOS. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de I Faculdade do Noroeste de Minas.
11. MARTINS, C. E. D.; Ramos, R.V.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Liniker de Almeida Fortunato. SISTEM AUTENTICAÇÃO BIOMÉTRICA USANDO IMPRESSÃO DIGITAL. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Grad Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas.
12. GONTIJO, F.; ALMEIDA, V. C.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Felipe Fernandes Viana Coimbra. SONG Gerenciamento de ONGs. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de I Faculdade do Noroeste de Minas.
13. ALMEIDA, V. C.; GONTIJO, F.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Elvis Peres da Silva. SIGAE Sistema de Auto-Escola. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - F Noroeste de Minas.
14. SANTOS, D. G.; GONTIJO, F.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Gabriel Martins da Silva Souza. Gerador PROGER. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Fa Noroeste de Minas.
15. ALMEIDA, V. C.; SANTOS, D. G.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Carlos Eduardo Martins dos Santos. E de Gerenciamento de Salão de Beleza. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em S Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas.
16. LILIS, J.; SANTOS, D. G.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Alessandra Carla da Silva Peres. SoftMusic. 2 Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas
17. MARTINS, C. E. D.; ALMEIDA, V. C.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Joice Reis Silva. SIGAT - Sistema de Assistência Técnica. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Info Faculdade do Noroeste de Minas.
18. MARTINS, C. E. D.; SANTOS, D. G.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Márcio Lopes. Sistema de Gerenciã Excelência de Serviços de Psicologia. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sis Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas.
19. LILIS, J.; EULER,.; SILVA, A. F.. Participação em banca de José Antonio da Silva. SPTC - Sistema de Pesagem e de Correia. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Fa Noroeste de Minas.
20. SOUZA, N.G.; ANDRADE, N. T. P.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Nayla T.P. Andrade; Nayara G. Souz 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do

21. COUTO, V.S.; BISPO, E.M.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Vanúzia S. Couto; Edilene Martins Bispo. S Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas.
22. RODRIGUES, I.F.D.; MELO, S.L.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Isaul Fernando D. Rodrigues; Sara Lu Ferramenta Visual Didática para Representar Conceitos Abstratos de um Sistema e-commerce. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas.
23. SILVA, A.R.; SILVA, A. F.. Participação em banca de Aline Ricardo SILVA. SUSI Sistema de Unidade de Saúde I Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas.

Eventos

1. III Feira de Tecnologia e Trabalho. 2008. (Outra).
 2. XIII Maratona de Programação.XIII Maratona de Programação. 2008. (Outra).
 3. XII Maratona de Programação.XII Maratona de Programação da SBC. 2007. (Outra).
 4. SINTEC - Semana da Interdisciplinaridade Tecnológica.Semana da Interdisciplinaridade Tecnológica. 2007. (Outra).
 5. XXVII CILAMCE - Latin American Congress on Computation Method in Engineering.Reconhecimento de Face via (Congresso).
 6. III Semana Acadêmica da Universidade Federal de Uberlândia.Técnicas de Reconhecimento de Face. 2006. (Simpósio).
 7. SIBGRAPI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO GRÁFICA, PROCESSAMENTO DE IMAGENS E VISÃO COMPUTACIONAL.Uma Análise de Desempenho do PCA no Reconhecimento de Face. 2006. (Simpósio).
 8. XXVIII-CNMAC Congresso Nacional de Matemática Computacional.Os efeitos da Iluminação e da Pose no Reconhecimento de Face. 2005. (Congresso).
 9. XX Simpósio Brasileiro de Banco de Dados e XIX Simpósio Brasileiro de Eng. de Software. 2005. (Simpósio).
 10. Programa de Extensão Universitária - SENAC. 2005. (Outra).
 11. XV Jornada de Matemática de Catalão.Reconhecimento de Face. 2004. (Simpósio).
 12. III Congresso de Computação do CEUV. 2003. (Congresso).
 13. XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. 2002. (Congresso).
 14. EMP - Orientação para o Crédito.EMP - Orientação para o Crédito. 2000. (Outra).
-
1. SILVA, A. F. . Semana Universitária. 2008. (Outro).
 2. SILVA, A. F. ; ALMEIDA, V. C. ; MARTINS, C. E. D. ; SANTOS, D. G. ; SILVA, G. C. R. ; LILIS, J. ; GONTIJO, F. Programação. 2008. (Outro).
 3. SILVA, A. F. . III Feira da Tecnologia e Trabalho. 2008. (Exposição).
 4. GONTIJO, F. ; SILVA, A. F. . FASI - I Fórum de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas. 2008. (Congresso).
 5. SILVA, A. F. . Semana da Interdisciplinaridade Tecnológica. 2007. (Outro).

Orientações

Trabalho de conclusão de curso de graduação

1. Flavio Marques G. da Silva. Sistema de Controle do Agendamento Multimídia. Início: 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. (Orientador).

2. Jane Matilde Xavier. Software Educativo para Crianças no Maternal. Início: 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. (Orientador).
3. Pollyana Lemos Camilo. Vídeo Aula Interativas - VIPO. Início: 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. (Orientador).

Trabalho de conclusão de curso de graduação

1. Elvis P. da Silva. Ferramenta Visual Didática para uma Auto-Escola. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. (Gr: Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientador: Alexandre Fieno da Silva.
2. Felipe Fernandes Viana Coimbra. Sistema de Gerenciamento de ONGs. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientador: Alexandre Fieno da Silva.
3. Daniel Gomes da Silva. Implementação de uma Solução para o Gerenciamento de Material Pedagógico Baseado Open-source. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Noroeste de Minas. Orientador: Alexandre Fieno da Silva.
4. Aderson Barcelar Cardoso. Modelagem Tridimensional Institucional para Ambiente Virtual. 2008. Trabalho de Co (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientador: Alexanc
5. Rone Barbosa Nascimento. CONTEMP. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Tecnologia em Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientador: Alexandre Fieno da Silva.
6. Liniker de Almeida Fortunato. SISTEMA DE AUTENTICAÇÃO BIOMÉTRICA USANDO IMPRESSÃO DIGITAL. 2 Conclusão de Curso. (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Mina: Alexandre Fieno da Silva.
7. Wesley Cardoso de Castro. SISCA - Sistema de Controle de Alunos. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. (Gr Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientador: Alexandre Fieno da Silv:
8. Pedro Henrique Silva. WebMobile. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Tecnologia em Sister - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientador: Alexandre Fieno da Silva.
9. Alexandre Rosa Macedo. Modelo de um Sistema de Gerador de Pôster. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso. Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientador: Alexandre Fieno da Silv:
10. Milene Alves Pereira. Ferramenta Multimídia Aplicada à Educação Inicial: EDUCAKIDS. 2007. Trabalho de Concl (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientador: Alexanc
11. Thiago Pereira da Silva. Modelo de um Sistema para Gerar Tabelas Verdade. 2007. Trabalho de Conclusão de C em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientador: Alexandre Fieno da
12. Michelle Silva Amorin. RENASCER Reestruturação nas Aplicações de um Canal de Relacionamento. 2006. Trab de Curso. (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientad da Silva.
13. Marco Antonio C. Lima; Dalilla Viana Cordeiro. Sistema Gerencial para Materiais de Construção. 2006. Trabalho Curso. (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientador: , Silva.
14. Isaul Fernando D. Rodrigues; Sara Luzia de Melo. Ferramenta Visual Didática para Representar Conceitos Abstr e-commerce. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Noroeste de Minas. Orientador: Alexandre Fieno da Silva.

Iniciação Científica

1. Igor Diniz Meireles; Liniker Almeida Furtado. Modelo de um Sistema de Autenticação por Impressão Digital. 2007 Científica. (Graduando em Tecnologia em Sistemas de Informação) - Faculdade do Noroeste de Minas. Orientad da Silva.

Outras informações relevantes

Membro da Comissão de Avaliação Institucional (CPA) como representante Docente. Curso de Programação em Clipper (18/11/1993) - Plus Informática - Votuporanga / SP Curso de Hardwar Técnicas de Diagnóstico e Manutenção (06/03/1998) - Impacta - São Paulo / SP. Curso de Aut (19/04/1999) - Microlins - Votuporanga / SP. Curso de ACCESS 2000 - SQL - ASP (18/08/2001) Microlins - Votuporanga / SP..

Este documento é o comprovante de inscrição no CADASTRO DE PESSOAS FÍSICAS - CPF, vedada a exigência por terceiros, salvo nos casos previstos na Legislação vigente.

Assinatura

ALEXANDRE FIEHO DA SILVA

S
E
R
V
I
D
O

VÁLIDO EM TODO O TERRITÓRIO NACIONAL

Emitido em : 12/10/97



MINISTÉRIO DA FAZENDA
Secretaria de Receita Federal

CPF - CADASTRO DE PESSOAS FÍSICAS

Nome

ALEXANDRE FIEHO DA SILVA

Nº de Inscrição

283707888-31

Data do Nascimento

08/06/79



VÁLIDO EM TODO O TERRITÓRIO NACIONAL

REGISTRO GERAL 29.464.895-1 DATA DE EMISSÃO 11/DEZ/92

NOME ALEXANDRE FIEHO DA SILVA

FILIAÇÃO ADÃO DO CARMO SILVA

E VERA LUCIA FIEHO SILVA

MUNICÍPIO FERNANDOPOLIS -SP DATA DE REGISTRO 08/JUN/1979

END. COMUM FERNANDOPOLIS SP FERNANDOPOLIS

CEP: LV-A45 7FLS.454 /N.005307

ASSINATURA DO TITULAR

LEIA O VÍDEO DE INSCRIÇÃO

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

ESTADO DE SÃO PAULO 1179-1

SECRETARIA DA SEGURANÇA PÚBLICA

INSTITUTO DE IDENTIFICAÇÃO RICARDO GUARLETTO SAUAT

ASSINATURA DO TITULAR

CARTERA DE IDENTIDADE

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

ASSINATURA DO TITULAR

VÁLIDO SOMENTE COM MARCA D'ÁGUA - JUSTIÇA ELEITORAL

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

TÍTULO ELEITORAL

NOME DO ELEITOR ALEXANDRE FIEHO DA SILVA

DATA DE NASCIMENTO 08/06/1979

NÚMERO DO TÍTULO 2614575601/16

ZONA 147

SEÇÃO 0030

MUNICÍPIO VOTUPORANGA

UF SP

DATA DE EMISSÃO 14/07/97

VÁLIDO SOMENTE COM MARCA D'ÁGUA - JUSTIÇA ELEITORAL

FILIAÇÃO

PAI: ADÃO DO CARMO SILVA

MÃE: VERA LUCIA FIEHO SILVA

DATA NASC: 08 JUN 79 NATURALIDADE: FERNANDOPOLIS SP

DISPENSA DO SERVIÇO MILITAR INICIAL EM 02/01/98

POR TER SIDO INCLUIDO NO ROL DO CONTINGENTE.

ASSINATURA DO TITULAR

LUIZ AUGUSTO VALE - CAP QAO

MINISTÉRIO DO EXERCÍTO

SECRETARIA DE SERVIÇO MILITAR

CERTIFICADO DE DISPENSA DE INCORPORAÇÃO

5 CSM

RA 05-189-209185-4

NOME ALEXANDRE FIEHO DA SILVA

EM CASO DE CONVOCAÇÃO DEVE APRESENTAR-SE IMEDIATAMENTE



PLUS+
informática

DIPLOMA

Tendo o(a) Sr(a) ALEXANDRE FERRO DA SILVA

frequentado o nosso **CURSO DE PROCESSAMENTO DE DADOS**

PROGRAMAÇÃO EM CLIPPER

Concluído em 18 de NOVEMBRO de 19 93, obtendo a média final 8,5 (OITO E MEIO)
motivo pelo qual lhe conferimos o presente diploma.

DIRETOR

FORMADOR(A)





CERTIFICADO

Microsoft®
SOLUTION PROVIDER
Authorized Training Center

Hardware - Técnicas de Diagnóstico e Manutenção

Título do Treinamento

Alexandre Fieno da Silva

Nome do Aluno

02/03/98 a 06/03/98 - 40 horas

Período

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alexandre Fieno da Silva', written over a horizontal line.

Instrutor

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alexandre Fieno da Silva', written over a horizontal line.

Diretor



Microlins Informática
Cursos de Computação

CERTIFICADO

O Diretor da Microlins Informática, em uso de suas atribuições legais confere ao aluno:

ALEXANDRE FIENO DA SILVA

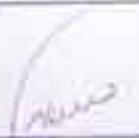
Certificado de conclusão do(s) curso(s) de computação:

*** AUTO CAD R14 ***

Votuporanga , 19 de Abril de 1999


Diretor

Dr. Antonio Briotti Junior


Aluno



Serviço de Apoio às
Micro e Pequenas Empresas
de São Paulo

CERTIFICADO

Conferido a: ALEXANDRE FIENO DA SILVA

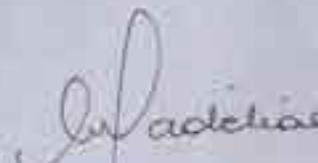
pela participação: EMP - ORIENTAÇÃO PARA O CRÉDITO

Realizado no Período de:

05/06/2008	19:00	21:00
06/06/2008	19:00	21:00
07/06/2008	19:00	21:00
08/06/2008	19:00	21:00

Local: VOTUPORANGA

Carga Horária: 16 Hs.



MARIA ADÉLIA ESPINHA
GERENTE



Certificado

Certificamos que **ALEXANDRE FIENO DA SILVA** concluiu
o curso de **VIP** constituído pelas
módulos **ACCESS 2000 - SQL - ASP**
no período de **06/04/2001** a **18/08/2001** com carga horária de **46** horas.



Diretor da Unidade



Titular do Certificado



Diretor-Presidente

Nº 135145



VÁLIDO EM TODO O TERRITÓRIO NACIONAL

Este certificado está cadastrado no livro
nº 2 de registro de diploma, na folha nº 96,
com data de 03 / 09 / 2001.



Secretária

Centro Universitário de Votuporanga

FUNDAÇÃO EDUCACIONAL



O Pró-Reitor Acadêmico do Centro Universitário de Votuporanga, no uso das atribuições que lhe são conferidas e tendo em vista a conclusão do CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO em 19.12.2002, confere o título de

BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

a Alexandre Fieno da Silva

Cédula de Identidade RG 29.464.895-1 SSP/SP – nacionalidade brasileira,
natural do Estado de São Paulo, nascido(a) em 08 de junho de 1979
e outorga-lhe o presente diploma a fim de que goze dos direitos e prerrogativas legais.
Votuporanga (SP), 07 de fevereiro de 2003.

Alexandre Fieno da Silva
Bacharel

Prof. Dr. Marcelo Ferreira Lourenço
Pró-Reitor Acadêmico

Prof. Lourdes Mainardi
Secretária Geral

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOTUPORANGA

Curso de Ciência da Computação

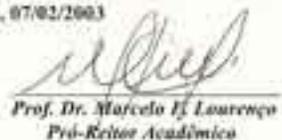
Reconhecido pela Portaria nº 2541

de 06.09.2002 - DOU de 09.09.2002

Diploma Registrado sob nº 1.364 às fls 177, Livro nº 097
Parecer CNE 250, Homologado em 30/08/02 -DOU 02/09/02
Votuporanga, 07/02/2003



Bel. Maria José R. Izaias
Setor Registro Diplomas



Prof. Dr. Marcelo H. Lourenço
Pró-Reitor Acadêmico



DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que **Alexandre Fieno da Silva**, matrícula 5041030, foi aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação desta Universidade. Cumpriu todos os créditos e foi aprovado na defesa da dissertação de Mestrado realizada no dia 18/08/2006. Aguarda a homologação do título pelo Colegiado do Programa para emissão do diploma.

Por ser verdade firmo a presente declaração.

Uberlândia, 28 de março de 2007


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Prof. Carlos Roberto Lopes
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciência da Computação - Portaria R nº 645/2005



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Faculdade de Computação
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 10/2006

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO (REQUISITO PARCIAL) PARA
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ÁREA CONCENTRAÇÃO: Ciência da Computação

REALIZADA EM: 18/08/2006

HORÁRIO: 14:00

LINHA DE PESQUISA: Banco de Dados

ALUNO: ALEXANDRE FIENO DA SILVA

BANCA EXAMINADORA:

Prof.ª Dr.ª Célia Aparecida Zarzo Barcelos (Orientadora)

- UFU

Prof. Dr. Maurício Boaventura

- UNESP

Prof. Dr. Ilmério Reis da Silva

- UFU

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Reconhecimento de Faces via PCA: Análise de Desempenho"

PALAVRAS CHAVE: Autofaces, PCA

LOCAL DA DEFESA: Anfiteatro do Bloco X, Campus Santa Mônica.

Após o cumprimento, por parte do aluno, das alterações propostas pela Banca Examinadora e o ciente dos membros da mesma de que as alterações propostas foram cumpridas satisfatoriamente, a Dissertação foi aprovada.

Na forma regulamentar foi lavrada a presente Ata que é assinada pelos Membros da Banca e pelo aluno.

Uberlândia, 18 de agosto de 2006

Membros da Banca:

Orientador:

Célia A. Z. Barcelos

Maurício Boaventura

Aluno: *Alexandre Fieno da Silva*



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Avenida Engenheiro Diniz, 1178 - Minas
CEP 38400-902, UBERLÂNDIA, MG, Brasil



Diretoria de Administração e Controle Acadêmico

HISTÓRICO ESCOLAR

IDENTIFICAÇÃO

Nome : Alexandre Fieno da Silva

Matricula : 5041030

Naturalidade : Fernandópolis

Nacionalidade : Brasileira

UF: SP

Nascimento: 08/06/1979

DOCUMENTOS

Tipo Documento	Número Documento	Órgão Emissor	UF
Carteira de identidade	294648951	SSP	SP

FORMA DE INGRESSO

Forma de ingresso: Processo Seletivo Pós-Graduação Ano: 2004 - 1º Semestre

CURSO SUPERIOR

Nome do curso: Mestrado em Ciência da Computação Versão: 2003-2

Dados legais de reconhecimento de curso:
Portaria nº 2878 de 24/08/05 - D.O.U. de 26/08/05.

Data do início do curso: 01/04/2004 Data da conclusão do curso: 16/08/2006

OBSERVAÇÕES

Título da Dissertação: "Reconhecimento de faces via PCA: análise de desempenho". Área de concentração: Ciência da computação. Linha de pesquisa: Banco de dados. Aprovada em 16/08/2006.

2004/1 - MC115 - Tópicos Especiais I: - "Recuperação de informação".
2006/1 - MC116 - Tópicos Especiais II: - "Projeto e validação de protocolos para computadores".
2006/1 - MC117 - Tópicos Especiais III: - "Processamento digital de imagens".

Portador de diploma de curso superior, graduação em Ciência da Computação, registro nº 1.364/LNFEV, livro 007, fs. 177. 07/02/03, Voluporanga-SP.

Data de expedição do diploma: 19/12/2008.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Avenida Engenheiro Dniz, 1178, Minas
CSP 38400-902, UBERLÂNDIA, MG, Brasil



Diretoria de Administração e Controle Acadêmico

HISTÓRICO ESCOLAR

Nome: 5041030 - Alexandre Fiano da Silva
Curso: Mestrado em Ciência da Computação

Identidade
294648951

Disciplinas	Crédito	C.Horária	Nota/Conceito	Situação	I.E.S. de origem da dispensa
Obrigatórias					
2º Semestre de 2005 FPO01 Proficiência em Língua Estrangeira - Inglês	0	0	****	Apr. 07/01	
2º Semestre de 2005 MCI00 Dissertação de Mestrado	0	0	****	Apr. 07/05	
Optativas					
1º Semestre de 2004 MCI02 Lógica para a Ciência da Computação	4	60	C	Aprovado	
MCI15 Tópicos Especiais I	4	60	B	Aprovado	
2º Semestre de 2004 MCI25 Tópicos Especiais II	4	60	B	Aprovado	
1º Semestre de 2006 MCI16 Teoria da Computação	4	60	****	Dispensado	50038
MCI16 Tópicos Especiais II	4	60	****	Dispensado	50039
MCI17 Tópicos Especiais III	4	60	****	Dispensado	50038
Disciplinas de Outros Cursos					
1º Semestre de 2006 ELQ90 Processamento Digital de Imagens	3	45	****	Dispensado	50038
Crédito para Integralização :		Exigido	Integralizado		
Obrigatórias :		0	0		
Optativas :		24	24		
Total de Créditos para Integralização :		24	24		

I.E.S. de origem da dispensa: 50038 - UFU - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG

Situação do Aluno: **Formado**

O presente Histórico Escolar somente terá validade quando constar a assinatura do Chefe de Setor do Registro Escolar.

Visto:

Uberlândia, 26 de Janeiro de 2009

MARIA JOSÉ DE ALMEIDA CUSTÓDIO
Chefe do Setor de Registro Escolar

UNIFEV - Centro Universitário de Votuporanga



FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE VOTUPORANGA

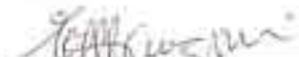
A Reitora da UNIFEV - Centro Universitário de Votuporanga atesta
que

Alexandre Fieno da Silva

participou da Mesa Redonda PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO – STRICTO SENSU, realizado no IV
Congresso de Computação, no dia 29 de maio de 2003.

Votuporanga, 29 de maio de 2003.


Prof. M.Sc. Djalma Domingos da Silva
Coordenador dos Cursos de Informática


Prof. Dr. Encarnação Munizano
Reitora

CERTIFICADO

Certificamos que **Alexandre Fieno da Silva**

participou do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, realizado no período de 15 a 19 de julho de 2002, em Florianópolis - SC.

Certificamos, ainda, sua participação no(s) minicurso(s):

- Técnicas de Segurança da Informação: da Teoria à Prática
- Redes de Sensores sem Fio

com carga horária de 6 (seis) horas por minicurso.


Prof. Dr. Flávio Rech Wagner
Presidente da SBC


Prof. Dr. Raul Sidnei Wazlawick
Coordenador Geral SBC 2002


SBC

www.sbc.org.br



Faculdade do Noroeste de Minas - FINOM

A marca do seu futuro profissional!

Credenciada pelo Decreto Federal Nº 93.926 de 14/01/1987
publicado no Diário Oficial da União do dia 15/01/1987.

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que **ALEXANDRE FIENO DA SILVA** ministrou o **Curso de Manutenção de Computadores** no período de 04 de setembro a 06 de dezembro de 2006, realizado no Laboratório de Hardware e Redes de Computadores da Faculdade Finom, com carga horária de 30 horas/aula.

Paracatu, 13 de dezembro de 2006.

Ms. Juliana Lilis da Silva
Coordenadora do Curso de Tecnologia
em Sistemas de Informação

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS DE CATALÃO
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA

Registro nº 24.850, no livro Nº 3 – CPGPE, de 11/94

CERTIFICADO

Certificamos que Alexandre Fieno da Silva apresentou o mini-curso "INTRODUÇÃO À MARCA D'ÁGUA DIGITAL" no Projeto de Extensão "Simpósio de Matemática e XV Jornada de Matemática de Catalão" (cadastro PROEC CAC-022), realizado no período de 05 a 08 de outubro de 2004.

Catalão, 08 de outubro de 2004



Prof. José Madson Caldeira de Faria
Coordenador do Curso de Matemática
CAC/UFG



Prof. Dr. Marcelo Henrique Stoppa
Coordenador do Projeto
CAC/UFG



Prof. Dra. Regina Maria dos Santos
Coordenadora de Pós-Graduação,
Pesquisa e Extensão
CAC/UFG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS DE CATALÃO
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA

Registro nº 24.857, no livro nº 3 - CPGPE, fl. 115-v

CERTIFICADO

Certificamos que Alexandre Fieno apresentou a seção técnica "RECONHECIMENTO DE FACES USANDO AUTOFACES" no Projeto de Extensão "Simpósio de Matemática e XV Jornada de Matemática de Catalão" (cadastro PROEC CAC-022), realizado no período de 05 a 08 de outubro de 2004.

Catalão, 08 de outubro de 2004



Prof. José Madson Cadeira de Faria
Coordenador do Curso de Matemática
CAC/UG



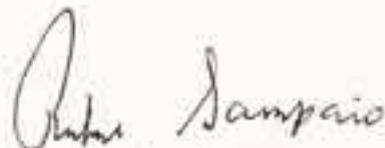
Prof. Dr. Marcelo Henrique Stoppa
Coordenador do Projeto
CAC/UG



Prof. Dra. Regina Maria dos Santos
Coordenadora de Pós-Graduação,
Pesquisa e Extensão
CAC/UG

Certificado

A SBMAC-Sociedade Brasileira de Matemática Aplicada e Computacional certifica que **Alexandre Fieno da Silva** apresentou o pôster **Os Efeitos da Iluminação e da Pose no Reconhecimento de Face Humana**, no XXVIII-CNMAC Congresso Nacional de Matemática Computacional, de 12 a 15 de setembro de 2005, Centro Universitário Senac-Campus Santo Amaro, São Paulo, Brasil.



Rubens Sampaio
Presidente da SBMAC





20º Simpósio Brasileiro de Banco de Dados
19º Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software

CERTIFICADO

Certificamos que **Alexandre Fieno da Silva**

participou do 20º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, realizado em Uberlândia – MG, no período de 03 a 05 de outubro de 2005.




Claudia M. Bauzer Medeiros
Presidente da SBC


Sandra de Amo
Coordenadora

Realização





CERTIFICADO

O *Centro Universitário Senac* confere o presente *certificado*, expedido de acordo com os dispositivos legais a

ALEXANDRE FIENO DA SILVA

por ter participado do Programa de Extensão Universitária

"CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL"

com carga horária de 36 horas, realizado no período de 12 de setembro a 15 de setembro de 2005.

São Paulo, 15 de setembro de 2005.

Eduardo Mazzaferro Ehlers
Diretor de Extensão

Rubens Sampaio
Presidente da SBMAC

universidade federal de uberlândia
pró-reitoria de graduação



semana acadêmica

Certificado

Certificamos que Alexandre Fieno da Silva apresentou como Co-autor(a) da Comunicação Oral intitulada "*Um método de reconhecimento de face baseado na análise da componente principal*" na III Semana Acadêmica da Universidade Federal de Uberlândia, realizada pela Pró-Reitoria de Graduação, no período de 07 a 11 de agosto de 2006, no Campus Santa Mônica.

Uberlândia, 11 de agosto de 2006.


Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Puga
Pró-Reitora de Graduação



XXVII CILAMCE
Latin American Congress on Computational Methods in Engineering
CERTIFICATE

We certify that **ALEXANDRE FIENO DA SILVA**

has participated in the XXVII CILAMCE- Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering.
As the author of the paper

"EXPLORANDO O PCA NO RECONHECIMENTO DE FACE"

Hosted By:

Belém – Pará, Brazil, September 3 to 6, 2006




Regina Augusta Campos Sampaio
Chairman


Remo Magalhães de Souza
Chairman





XXVII CILAMCE
Latin American Congress on Computational Methods in Engineering
CERTIFICATE

We certify that **ALEXANDRE FIENO DA SILVA**
has participated in the XXVII CILAMCE- Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering.

As presenting of the paper
"EXPLORANDO O PCA NO RECONHECIMENTO DE FACE"

Belém – Pará, Brazil, September 3 to 6, 2006


Regina Augusta Campos Sampaio
Chairman


Remo Magalhães de Souza
Chairman

Hosted By:





XXVII CILAMCE
Latin American Congress on Computational Methods in Engineering
CERTIFICATE

We certify that

ALEXANDRE FIENO SILVA

has participated in the XXVII CILAMCE- Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering.

Hosted By:

Belém – Pará, Brazil, September 3 to 6, 2006



Regina Augusta Campos Sampaio
Chairman

Remo Magalhães de Souza
Chairman





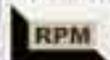
FACULDADE
FINOM



APOIO



GRUPO LENE Rio Paracatu Minas Gerais



Certificado

Certificamos que **Alexandre Fieno da Silva**, participou como Membro da Comissão Organizadora da **Semana da Interdisciplinaridade Tecnológica - SINTEC**, promovida pela **Faculdade Noroeste de Minas - FINOM**.

Paracatu - MG, 11 de maio de 2007.


Profª M.Sc. Gillete Aparecida Pereira
Coordenadora de SINTEC


Profª M.Sc. Juliana Lilla da Silva
Coordenadora de SINTEC


Profª M.Sc. Gillete Aparecida Pereira
Coordenadora de SINTEC



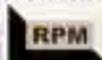
FACULDADE
FINOM



APOIO:



GRUPO LEÃO



Rio Paracatu, Minas Gerais

Certificado

Certificamos que **Alexandre Fieno da Silva**, participou como Membro da Comissão Científica junto a **Semana da Interdisciplinaridade Tecnológica - SINTEC**, promovida pela **Faculdade Noroeste de Minas - FINOM**.

Paracatu - MG, 11 de maio de 2007.


Prof.ª M.Sc. Eliete Figueiredo Cruz
Coordenadora de SINTEC


Prof.ª M.Sc. Juliana Leite da Silva
Coordenadora de SINTEC


Prof.ª M.Sc. Cássia Aparecida Pereira
Diretora Acadêmica



Certificate of Achievement



awarded to

Faculdade do Noroeste de Minas

Liniker de Almeida Fortunato

Felipe Fernandes Viana Coimbra

Wagner Danielli

Alexandre Fieno da Silva, Coach



acm International Collegiate
Programming Contest

IBM event
sponsor

Honorable Mention

The 2007 ACM-ICPC South America

Contest w/ Brazil

Paracatu, MG September 22, 2007

William B. Pouchet, Ph. D.
ICPC Executive Director



Certificate of Achievement



awarded to

Faculdade do Noroeste de Minas

Lidice Maria Siqueira Martins

Caroline Ferreira Peres

Wagner Queiroz Teles

Alexandre Fieno da Silva, Coach



Honorable Mention

The 2007 ACM-ICPC South America

Contest w/ Brazil

Paracatu, MG September 22, 2007

William B. Poucher, Ph. D.
ICPC Executive Director



Certificate of Achievement



awarded to

Alexandre Fieno

for service as

Director - Paracatu Site

presented at

South America Brazil

Programming Contest

FINOM September 20, 2008

William B. Poucher, Ph. D.
ICPC Executive Director



Certificate of Achievement



awarded to

Faculdade do Noroeste de Minas

João Augusto Lima do Nascimento

Sanay Swe-Ellen Yunoki

Adailton Antônio Galiza Nunes

Alexandre Fieno da Silva, Coach



Honorable Mention

The 2007 ACM-ICPC South America

Contest w/ Brazil

Paracatu, MG September 22, 2007

William B. Poucher, Ph. D.
ICPC Executive Director



CERTIFICADO

*Certificamos que **ALEXANDRE FIENO DA SILVA** participou como Membro da Comissão Organizadora da **Semana Universitária** realizada pela Faculdade do Noroeste de Minas - **FINOM**, no período de **27 a 29 de maio de 2008**, com carga horária de **40 (Quarenta) horas**.*

Paracatu, MG, 29 de maio de 2008

*MSc. Wilson Ramundo Pereira
Diretor Acadêmico
Faculdade FINOM*

*DSc. Wilton José Ferreira
Diretor Geral
Faculdade FINOM*



CERTIFICADO

*Certificamos que **ALEXANDRE FIENO DA SILVA**
coordenou a **I Maratona de Programação** na **Semana Universitária** realizada
pela **Faculdade do Noroeste de Minas – FINOM**, no período de **27 a 29 de maio**
de **2008**.*

Paracatu, MG, 28 de maio de 2008

MSc. Rilson Raimundo Pereira
Diretor Acadêmico
Faculdade FINOM

DSc. Wilton José Ferreira
Diretor Geral
Faculdade FINOM

CERTIFICADO

A Faculdade do Noroeste de Minas confere o presente certificado a

Alexandre Fieno da Silva

por ter participado do processo de avaliação do Projeto Final de acadêmicos do 6º Período do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Informação, no período de 01 a 15 de dezembro de 2006.

Paracatu-MG, 20 de dezembro de 2006.


Prof. DS. William José Ferreira
Diretor Geral - FINOM


Maria Esteves de Jesus
Secretária Acadêmica - FINOM

Faculdade FINOM



CERTIFICADO

A Faculdade do Noroeste de Minas confere o presente certificado a

Alexandre Fieno da Silva

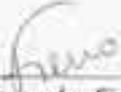
por ter participado do processo de avaliação do Projeto Final de acadêmicos do 6º Período do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Informação, no período de 03 a 12 de dezembro de 2007.

Paracatu-MG, 15 de dezembro de 2007.



Prof. MS.c. Rilson Raimundo Pereira

Diretor Acadêmico - FINOM



Prof. MS.c. Alexandre Fieno da Silva

Coordenador do curso de Tecnologia em Análise e
Desenvolvimento de Sistemas - FINOM



CERTIFICADO

A Faculdade do Noroeste de Minas confere o presente certificado a

Alexandre Fieno da Silva

por ter participado do processo de avaliação do Projeto Final de acadêmicos do 6º Período do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Informação, no período de 19 a 26 de junho de 2008.

Paracatu-MG, 04 de julho de 2008.

Prof. MS.c. Rilson Raimundo Pereira

Diretor Acadêmico - FINOM

Prof. MS.c. Alexandre Fieno da Silva

Coordenador do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas - FINOM

Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Mecânica – ENM
Programa de Pós-Graduação em Sistemas Mecatrônicos
Linha de Pesquisa em Automação e Controle de Processos de Fabricação

Projeto de Tese de Doutorado

**UMA METODOLOGIA E IMPLEMENTAÇÃO
COMPUTACIONAL DE UM SISTEMA PARA OPERAÇÕES
DE USINAGEM EM PEÇAS PRISMÁTICAS**

Candidato:

Alexandre Fieno da Silva

Orientador (proposto):

**Dr. Eng. Alberto José Álvares (Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Brasília - UnB)**

Brasília, outubro de 2008

1. INTRODUÇÃO

O presente Projeto de Tese de Doutorado visa atender às exigências do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Mecatrônicos e enquadra-se na linha de pesquisa em *Automação e Controle de Processos de Fabricação*, tratando do desenho e desenvolvimento de modelos de peças prismáticas que poderão ser usados em aplicações industriais em tempo real via WEB.

O projeto visa o desenvolvimento de uma metodologia e a implementação computacional, utilizando os conceitos do *Webmachining* (Álvares, Ferreira; 2005) como referência para o início dos trabalhos, de um sistema para operações de usinagem em peças prismáticas, tais como, fresamento e furação, via WEB.

1.1 Questão a Responder

Como modelar e implementar um sistema voltado para manufatura remota de peças prismáticas via Web, a fim de atender o novo paradigma de desenvolvimento de produto colaborativo, envolvendo as fases de ciclo de vida do produto associadas ao projeto detalhado colaborativo, planejamento do processo e fabricação, em aplicações industriais em tempo real?

1.2 Hipótese a Comprovar

Sistemas que atendam as etapas de desenvolvimento em um projeto, considerando a interoperabilidade entre ferramentas, a colaboração entre projetistas e equipes de projeto de forma organizada, integração e compartilhamento de dados são primordiais para a implementação de sistemas que visam à organização e compartilhamento de informações em tempo real.

Para atender estas demandas torna-se necessário o desenvolvimento de metodologias e implementações que definam os módulos do sistema e a interação mútua, estabelecendo um novo paradigma de ambientes integrados e colaborativos.

1.3 Justificativa

A metodologia é concebida a partir do paradigma de modelagem colaborativa, a fim de permitir a integração das atividades de projeto colaborativo, planejamento do processo e

manufatura. O procedimento inicia-se na modelagem colaborativa de uma peça, utilizando a Web como meio de comunicação, num modelo computacional cliente-servidor.

A metodologia para fabricação de peças remotas, bem como a sua implementação, limita sua abrangência ao projeto colaborativo, planejamento do processo e fabricação de peças em tempo real.

A metodologia concebida poderá ser aplicada ao contexto de peças prismáticas, com as devidas adequações para esta categoria de peças.

1.4 Objetivos

O objetivo principal desta pesquisa é desenvolver uma metodologia e a implementação computacional de um sistema de usinagem, utilizando como referência básica os conceitos do *Webmachining*, buscando obter contribuições específicas para o caso de peças prismáticas, via WEB.

Este trabalho tem por objetivos específicos:

- Desenvolver uma metodologia e a implementação de um sistema computacional, utilizando como referência os conceitos do *WebMachining*, usando as *features* (formas geométricas) para o caso de peças prismáticas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O planejamento do processo é uma função vital nas indústrias de manufatura, pois fornece as informações necessárias para a transformação de matéria-prima ou produtos semi-acabados em produto final (CHANG *et al.*, 1998). Os requisitos associados à seleção de um processo podem ser divididos em requisitos para a *peça* e para o *processo* (SMITH, 1999).

Os requisitos da peça estão associados aos aspectos funcionais sendo definidos no projeto da peça sem levar em conta a quantidade a ser produzida. Por outro lado, os requisitos de processo levam em conta os aspectos de negócio/econômico da manufatura (qual o custo e quando?). Os requisitos da peça normalmente especificados no projeto mecânico são: tolerância dimensional, tolerância de forma e posição, rugosidade superficial, forma geométrica e material. Os requisitos de processo são: tamanho do lote, custo de *setup*, tempo de *setup*, custo por peça e taxa de produção. O projeto mecânico de

um novo produto deve incluir estes atributos para possibilitar à atividade de planejamento do processo a especificação do plano de processo, preferencialmente, com alternativas que será utilizado na fabricação da peça. As decisões associadas ao planejamento do processo (WANG & LI, 1991) podem ser divididas em atividades associadas ao planejamento do roteamento (macroplanejamento) e ao planejamento das operações de usinagem (microplanejamento).

2.1 Projetos Lógicos do Plano de Processo

De acordo com HALEVI E WEIL (1995) o projeto lógico do plano de processo deve seguir a seguinte ordem:

- Análise preliminar da peça mecânica;
- Seleção dos processos de usinagem (operações elementares), ferramentas e parâmetros de corte;
- Agrupamento dos processos dentro de operações (*jobs*);
- Seleção de máquinas-ferramenta;
- Seqüenciamento das operações de acordo com as relações de precedência segundo as restrições de ordem: dimensional, tolerâncias geométricas, tecnológica (desbaste antes de pré-acabamento) e econômica (redução do custo de produção e desgaste/quebra de ferramenta, por exemplo);
- Seleção dos dispositivos de fixação e referências dimensionais;
- Preparação final do arquivo com o plano de processo para a peça.

Nesta abordagem a seleção da máquina-ferramenta é feita após ter-se escolhido os parâmetros de corte através dos métodos baseados no mínimo tempo de produção (maior produtividade) ou menor custo de usinagem. Por este método as restrições para escolha da máquina baseiam-se nas condições tecnológicas de usinagem que irão definir a potência e a velocidade requerida para a máquina a ser selecionada e outras restrições disponíveis.

Segundo WANG & LI (1991) o planejamento do processo pode ser dividido em dois estágios: planejamento do roteamento e projeto da operação de usinagem. No primeiro caso faz-se um planejamento global dos processos de fabricação de uma peça tendo como objetivo a determinação do conteúdo e das seqüências de operações no plano de processos. Os fatores considerados são: material, especificações técnicas da peça, características da

matéria-prima, volume de produção, máquinas, ferramentas, sistemas de medição, dispositivos de fixação, entre outros. Tendo-se identificado as operações a serem executadas no planejamento de roteamento de operações parte-se para o segundo estágio, o projeto das operações de usinagem. A partir da listagem da ordem lógica das operações fornecida pelo roteamento deve-se realizar um detalhamento do plano de processos com as informações necessárias para as instruções de fabricação da peça. De forma bastante semelhante à abordagem de HALEVI & WEIL (1995) têm-se as seguintes atividades no estágio associado ao planejamento do roteamento, também denominado de macroplanejamento (ÁLVARES, 2002):

- Análise do desenho da peça;
- Seleção dos processos e rotas de usinagem para cada superfície da peça a ser usinada (*feature*);
- Determinação do conteúdo de cada operação e o número de operações de usinagem.
- Determinação das seqüências de operações;
- Seleção das referências de apoio para cada operação;
- Arranjo de operações de tratamento térmico;
- Arranjo de operações auxiliares (inspeção, limpeza, etc);
- As seguintes atividades são efetuadas no projeto (planejamento) de operações de usinagem, também denominado de microplanejamento (ÁLVARES, 2002):
- Seleção da máquina e ferramental para cada operação;
- Arranjo das seqüências de operações elementares em cada operação;
- Determinação dos sobremateriais para cada superfície a ser usinada;
- Determinação das cotas e tolerâncias de fabricação para cada operação;
- Determinação das condições de usinagem para cada operação;
- Estimativa de tempos padrões para cada operação.

2.2 Planejamento do Roteamento - Macroplanejamento

É realizado um planejamento global dos processos de fabricação de uma peça tendo como objetivo a determinação do conteúdo e das seqüências de operações no plano de processos. Os fatores considerados são: material, especificações técnicas da peça,

características da matéria-prima, volume de produção, máquinas, ferramentas, sistemas de medição, dispositivos de fixação, entre outros.

Em ÁLVARES (2001) são detalhadas as principais atividades associadas ao macroplanejamento, listadas a seguir: seleção método de usinagem; divisão da rota de processo em etapas; concentração e separação de operações.

2.3 Planejamentos das Operações de Usinagem - Microplanejamento

É um planejamento específico, onde cada operação definida no roteamento do processo é detalhada em termos de máquinas, ferramentas, superfícies de referência para a fabricação, dispositivos de fixação, condições de corte, etc.

Em ÁLVARES (2001) são detalhadas as principais atividades associadas ao microplanejamento: seleção de máquinas-ferramenta; seleção de ferramentas; seleção de dispositivos de fixação; seleção de superfícies de referência para a fabricação; determinação de sobremetas; determinação de dimensões e tolerâncias de usinagem; seleção de condições de corte; estabelecimento de tempos padrão; documentação do plano de processo.

2.4 Determinação do Tipo de Operação

Segundo HALEVI & WEILL (1995) muito esforço tem sido desenvolvido nos últimos anos para estabelecer teorias e algoritmos para a completa otimização do processo de fabricação com remoção de material. Entretanto a maioria dos esforços concentra-se nos parâmetros tecnológicos de usinagem, em especial na velocidade de corte. Caso a operação a ser executada seja supérflua nenhum ganho será obtido com a otimização da velocidade de corte que está diretamente relacionada com o tempo de usinagem.

As operações necessárias e sua seqüência devem ser determinadas antes da escolha das condições de usinagem e da máquina a ser utilizada, caso haja opções de máquinas.

2.5 Fixação em um Torno

Na usinagem por comando numérico três métodos são usados para que as dimensões entre duas superfícies, *features*, de uma peça sejam obtidas (ZHANG *et al.*, 1996):

1. Usinagem das duas *features* em um mesmo *setup* (dimensões tipo I - erros tipo I);
2. Usando a feature de referência como superfície de fixação de *setup*, em relação à outra feature (dimensões tipo II - erros tipo II);

3. Usando uma referência intermediária de setup para máquina e duas features em diferentes *setups* (dimensões tipo III - erros tipo III).

Estes três tipos são denominados como *setup* método I, *setup* método II e *setup* método III; consistindo em diferentes fontes de erros de fabricação. Os erros geométricos relacionados às superfícies de usinagem estão associados principalmente ao projeto geométrico. Já os relacionamentos dimensionais associados às superfícies de usinagem estão ligados à precisão dimensional do sistema de controle da máquina. O relacionamento entre as superfícies usinadas levando em conta os erros dimensionais e geométricos, em um mesmo *setup*, está associado à capacidade máquina/processo. Assim as dimensões obtidas pelo *setup* método I são dimensões do tipo I, consistindo no menor erro de fabricação entre os três métodos. Este é o método a ser utilizado para facilitar o controle de tolerância.

Quando o *setup* método II é utilizado na fabricação NC introduz-se um erro de localização na dimensão obtida (dimensões tipo II), sendo menos precisa que as dimensões tipo I. O método III é o menos desejado dos três, pois se tem a formação de uma cadeia dimensional associada a cada dimensão do tipo III, devendo-se evitá-lo.

Uma descrição detalhada sobre planejamento de *setup* e modelos geométricos de placa de fixação e fixações validas são apresentados em (ZHANG *et al.*, 1996) e (MASSAROPPI e MASIERO, 2001), respectivamente.

Existem muitos métodos de fixação de peças simétricas em um torno. HALEVI & WEILL (1995), ÁLVARES (2001) e (MASSAROPPI e MASIERO, 2001) apresentaram algumas orientações para selecionar o tipo de fixação mais econômica para operações de torneamento, como o uso de placas com três castanhas com e sem contra-ponta. A figura 2.1 apresenta os quatro tipos de fixação em placas com três castanhas mais utilizadas (HUANG, 1988).

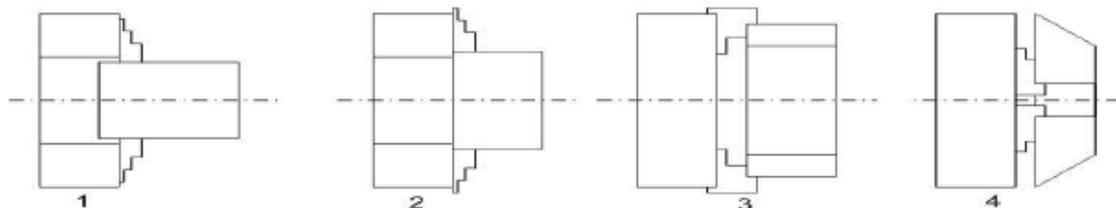


Figura 2.1: Tipos de placas utilizadas (HUANG, 1988): estilo 1, 2, 3 e 4.

2.6 Planejamento do Processo com Alternativas

A chave para a fabricação de qualquer peça é o plano de processo, o qual contém as informações necessárias à fabricação da peça, como por exemplo, operações, máquinas, ferramentas de corte, dispositivos de fixação e condições de corte (FERREIRA e WYSK, 2001). O plano de processo para uma peça ou lote deve satisfazer os requisitos de tolerância considerando também o carregamento da máquina e a eficiência do processamento. Assim, o planejamento do processo é uma atividade complexa, e no caso de sistemas de manufatura que estão sujeitos às incertezas de demanda, o planejamento do processo deve ser executado freqüentemente.

Devido aos aspectos dinâmicos do planejamento do processo que influenciam o comportamento do ambiente, cada plano de processo deve conter alternativas para cada operação. Isto é recomendado porque fatores como carregamento excessivo de certas máquinas, mudanças constantes nos produtos, mudanças necessárias no processamento entre lotes de fabricação, entre outros, exigem que se tenha planos/métodos alternativos a fim de melhorar a performance do sistema de manufatura, como em uma célula ou um sistema flexível de manufatura.

2.7 Revisão de Literatura: CAPP e Projeto por *Features*

Planejamento do Processo Auxiliado por Computador (CAPP) é o elo entre CAD e CAM. CAPP tem sido pesquisado desde os anos 60 (ALTING e ZHANG, 1989). Na década de setenta foi lançada a primeira aplicação comercial sendo direcionada para o armazenamento e recuperação de planos de processo para usinagem convencional.

O planejamento do processo auxiliado por computador (CAPP) é tido como parte fundamental de um sistema de Manufatura Integrado por Computador (CIM) por ser responsável pela ligação de dados de projeto (CAD) e fabricação (CAM). No passado, o desenvolvimento dos sistemas auxiliados por computador foi principalmente concentrado nos sistemas CAD (projeto) e CAM (manufatura). Devido à sua importância no contexto de um sistema CIM, nas últimas décadas grandes esforços têm sido empreendidos no sentido de um maior desenvolvimento de sistemas CAPP.

O ano de 1976 talvez seja o grande marco na corrida pelo desenvolvimento destes sistemas. Naquele ano, dois sistemas foram apresentados, um desenvolvido pela CAM-I

(*Computer Aided Manufacturing-International*) e outro desenvolvido pela OIR (*Organization of Industrial Research*). Nos anos que se seguiram houve a apresentação de diversos outros sistemas (ALTING e ZHANG, 1989), mas até os dias de hoje a sua aplicação industrial ainda não é uma realidade. Um sistema comercial de CAPP famoso é o MetCapp R (<ftp://graco.unb.br/pub/capp/metcapp>), sendo utilizado à tecnologia de *features* como forma de viabilizar a integração entre as atividades de projeto e de fabricação.

2.7.1 Abordagens de Sistemas CAPP

Para a construção de sistemas CAPP duas abordagens básicas são seguidas (GROOVER, 1987) e (DETAND, 1993): variante e generativo. Contudo, alguns sistemas que foram construídos apresentam uma combinação das anteriores dando origem a um terceiro tipo, a abordagem semi-generativa, também chamada de híbrida.

2.7.1.1 Variante

A abordagem variante para o planejamento de processo é comparável à forma manual utilizada por um processista, onde o plano de processo para uma nova peça é obtido através de pequenas alterações executadas em um plano de processo já existente para uma peça similar. Em alguns sistemas variantes, as peças são agrupadas em famílias, caracterizadas por similaridades no processo de fabricação (Tecnologia de Grupo). Para cada família de peças, um plano de processo padrão que contém todas as possíveis operações, é armazenado no sistema. Através da classificação e codificação, um código é definido para cada peça, a partir de uma série de quesitos. Este código é então utilizado para definir a qual família a peça pertence e qual deve ser o plano padrão associado. Em comparação com o planejamento de processo manual, a abordagem variante é bastante vantajosa, pois a manipulação de informações se torna bem mais simples e os planos de processos podem ser padronizados. Contudo, neste tipo de abordagem, a qualidade final do plano de processo ainda depende da habilidade do processista que realiza as modificações necessárias às particularidades de cada peça. Sendo assim, nos sistemas variantes, o computador é apenas uma ferramenta de auxílio às atividades de planejamento dos processos. Em ÁLVARES *et al.* (2002) é apresentado à concepção de um sistema CAPP variante concebido para *Web*.

O CAPP variante está associado com a codificação e classificação de peças baseadas na Tecnologia de Grupo¹. Nesta abordagem, as peças são classificadas e codificadas

baseadas em várias características ou atributos. Um sistema de codificação de Tecnologia de Grupo pode ser usado para a recuperação de planos de processos para peças semelhantes. Grande parte dos sistemas CAPP variantes, relatados na literatura, se utilizam da tecnologia de grupo como ferramenta de implementação.

2.7.1.2 Generativo

Neste tipo de abordagem, um novo plano de processo é gerado para cada peça do sistema, sem a intervenção de um processista. São utilizadas tabelas de decisão, árvores de decisão, fórmulas, regras de produção, sistemas especialistas, redes semânticas, etc, para definir quais são os procedimentos necessários para converter um material bruto em uma peça acabada. A entrada de informações sobre a peça para um sistema generativo pode ser do tipo texto, onde o usuário responde a uma série de questões predefinidas, ou do tipo gráfica, onde as características da peça são definidas através de um módulo de CAD. Quando se pensa em um sistema CIM, a utilização de uma interface gráfica para a definição da peça é a maneira mais interessante, pois desta forma a comunicação entre os módulos de CAD e CAPP fica prontamente estabelecida. A grande vantagem deste tipo de abordagem é que os planos de processos gerados são padronizados e completamente automatizados. Este tipo de abordagem torna-se bastante atraente para empresas que trabalham com uma grande variedade de produtos que são produzidos em pequenos lotes.

O objetivo desta abordagem é a geração automática de planos de processo, a partir da descrição de uma nova peça. Frequentemente, a descrição da peça é um modelo sólido em CAD, por ser um modelo de produto sem ambigüidades. Um banco de dados de manufatura, algoritmos e lógicas tomada de decisão são os ingredientes principais de um sistema de CAPP generativo. Na década de oitenta, os sistemas de CAPP baseados em conhecimento usando técnicas de Inteligência Artificial (AI) foram desenvolvidos, sendo os sistemas especialistas uma das técnicas mais utilizadas.

De acordo com ALTING e ZHANG (1989) um sistema especialista pode ser definido como uma ferramenta que tem a capacidade de absorver conhecimento em um domínio específico, e utilizar este conhecimento para propor alternativas de solução. Até o começo dos anos 80, apesar dos esforços empreendidos, o desenvolvimento de sistemas CAPP não havia apresentado resultados muito satisfatórios. Isto porque o planejamento do processos é uma área onde não existem soluções algorítmicas, a capacidade de raciocinar é essencial e

as ferramentas computacionais existentes até aquele momento eram muito limitadas neste sentido. Os sistemas especialistas, devido à capacidade de simular o processo de raciocínio de um ser humano, se apresentam como uma das ferramentas mais adequadas para o desenvolvimento de sistemas CAPP generativos.

2.7.1.3 Semi-generativo ou Híbrido

Este tipo de sistema aparece devido à dificuldade encontrada em se criar sistemas puramente generativos. Estes sistemas são um misto de sistemas variante e generativo. Aqui, várias tarefas que seriam realizadas pelo processista, num sistema variante, são automatizadas, mas algumas modificações no plano de processos gerado ainda são necessárias. Um sistema híbrido (generativo/variante) é descrito por DETAND (1993), sendo aplicado para geração de planos de processos não-lineares.

2.8 Integração Projeto e Manufatura Baseada em *Features*

As *features* podem ser consideradas como um elemento de integração potencial entre o projeto e a manufatura. 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. De acordo com SHAH e MÄNTYLÄ (1994) a modelagem do produto é o ponto central para a promoção de tal integração.

Num sistema de manufatura integrado, o modelo do produto, definido no módulo de CAD, deve estar disponível para outros módulos (CAE, CAPP, CAM, CAQ, etc) para que estes possam realizar suas funções. Estes módulos devem ser capazes de enviar informações de realimentação para o módulo de CAD, permitindo que as alterações necessárias na peça possam ser efetuadas ainda na etapa de projeto, como por problemas detectados na fabricação. A utilização de *features* como base de informação para a modelagem do produto é o caminho para se atingir esta integração (TÖNSHOFF *et al.*, 1994). De acordo com SALOMONS *et al.* (1993) a tecnologia de *features* é o caminho mais adequado para se promover a integração entre as atividades de projeto, planejamento do processos, fabricação, inspeção, etc.

De acordo com SHAH e MÄNTYLÄ (1994), o primeiro trabalho relacionado com *features* foi realizado por Grayer durante seu doutorado em Cambridge, em 1976, onde

features foram utilizadas para a automatização da geração de programas NC com base em desenhos feitos em um CAD.

Como as pesquisas em *features* são relativamente recentes, várias definições são apresentadas, cada uma formulada com base em conceitos de uma área específica. SHAH *et al.* (1993) apresentaram o conceito de *features de forma* como sendo elementos físicos de uma peça que podem ser identificados por uma forma e por alguns atributos. MAYER *et al.* (1994) apresentaram várias definições de *feature*, cada uma aplicada a uma área distinta:

- *Feature de forma*: entidades relacionadas com a geometria e topologia de uma peça;
- *Feature de tolerância*: entidade relacionada com os desvios aceitáveis nas dimensões de uma peça;
- *Feature de material*: entidade relacionada com as propriedades mecânicas de uma peça;
- *Feature funcional*: entidade relacionada com a funcionalidade da peça;
- *Feature de montagem*: entidade relacionada às operações de montagem.

Segundo SHAH e MÄNTLA (1995) *feature* é uma forma geométrica definida por um conjunto de parâmetros que têm significado especial para engenheiros de projeto e fabricação. IRANI *et al.* (1995) definem *feature* do ponto de vista de planejamento do processo: *feature* pode ser identificada como uma modificação na forma, no acabamento superficial ou nas dimensões de uma peça, produzida por um determinado conjunto de operações. ERVE (1988) apresenta uma definição do ponto de vista de planejamento dos processos, onde *features* de forma são tratadas como características de uma determinada peça, com uma forma geométrica definida, que podem ser utilizadas para especificação de processos de usinagem, fixação e medição.

2.8.1 O Elo Entre as Atividades de Projeto e Manufatura

Projeto e manufatura talvez sejam as etapas do ciclo produtivo que tiveram o maior avanço tecnológico das últimas décadas, com o desenvolvimento de sistemas CAD (de auxílio ao projeto) e dos sistemas CAM (de auxílio à geração de programas NC). Contudo, este desenvolvimento se deu de forma isolada, e a comunicação de sistemas CAD/CAM é hoje um grande problema, ocasionando um aumento exagerado no tempo de desenvolvimento de qualquer produto.

Este problema ocorre devido ao pequeno desenvolvimento dos sistemas CAPP, que na verdade têm a tarefa de promover a ligação entre dados de projeto e fabricação. A passagem de dados de projeto para o planejamento do processo e deste para a fabricação deve então ser o ponto estudado.

Para a geração de um plano de processo, é necessário que uma análise detalhada da peça seja empreendida. Quando se deseja utilizar o computador para a geração de planos de processo, a utilização da tecnologia de *features* facilita a análise da peça (SALOMONS, 1995). Sendo assim, é interessante que os dados manipulados por um sistema CAPP estejam na forma de *features* de manufatura. Associado às *features* de manufatura, no caso de processos de fabricação com remoção de material, tem-se as *features* de usinagem. Uma *feature* de usinagem é constituída por:

1. *Features* volumétricas: é o volume de material removido pela operação de usinagem para transformar a peça bruta em peça acabada. O volume removido é denominado de volume delta ou volume removido;
2. *Features* de superfície: é uma coleção de faces na peça que resulta da usinagem (subtração) de uma *feature* volumétrica.

Segundo HALEVI e WEILL (1995) e HOUTEN (1991) a modelagem baseada em *feature* é definida como um elemento físico da peça que tem algum significado específico de engenharia, devendo satisfazer as seguintes condições:

- Ser um elemento físico da peça;
- Se mapeável para uma forma genérica;
- Ter um significado para engenharia;
- Ter propriedades que se possa prever.

De acordo com SHAH e MÄNTYLÄ (1994 e 1995) existem essencialmente duas formas de se fazer a preparação de dados de um produto, com base em *features*, para o planejamento de processos:

- Reconhecimento de *features* de manufatura a partir de um modelo sólido;
- Mapeamento de *features* de projeto em *features* de manufatura.

2.8.2 Reconhecimento de *Features*

Neste tipo de abordagem, a peça criada no CAD é representada em termos de um modelo sólido. As *features* de manufatura são identificadas, com base neste modelo sólido, de forma automática ou de forma interativa.

Alguns pesquisadores relatam restrições com relação ao reconhecimento de *features* como BRONSVOORT e JANSEN (1994), que afirmam que o reconhecimento é de certa forma redundante, pois durante a etapa de projeto, informações de alto nível sobre o produto são transformadas em informações geométricas de baixo nível. Durante o reconhecimento de *features* as informações geométricas são reprocessadas com a finalidade de recuperar as informações de alto nível perdidas.

2.8.3 Mapeamento de *Features*

Neste tipo de abordagem, uma biblioteca de *features* de projeto ou de manufatura é colocada à disposição do projetista, que cria a peça através da instanciação das *features* presentes nesta biblioteca (SHAH e BHATNAGAR, 1989) e (HAN e REQUICHA, 1998). Desta forma podem-se distinguir duas categorias de sistemas de projetos baseados em *features*: projeto com *features* de forma e projeto com *features* de manufatura (HAN e REQUICHA, 1996).

2.8.3.1 Projeto com *Features* de Forma

Neste caso o modelo da peça é representado em termos de *features* de projeto. As *features* de manufatura são obtidas através da conversão ou mapeamento das *features* de projeto para o domínio da manufatura. De acordo com SHAH e MÄNTYLÄ (1994 e 1995) o mapeamento de *features* pode ser feito segundo as seguintes classes de mapeamento:

1. *Mapeamento um-para-um* ($1 \Rightarrow 1$): quando a *feature* resultante do mapeamento é idêntica à *feature* mapeada, no caso *feature* de manufatura (do outro domínio). São exemplos as operações de recartilhamento, rosqueamento e furação;
2. *Mapeamento de agregação discreta* ($m \Rightarrow 1$): quando duas ou mais *features* de um domínio são mapeadas para uma única *feature* em outro domínio. Por exemplo, .m. *features* de projeto são combinadas em uma *feature* de usinagem simples (operações de torneamento cilíndrico e perfilamento);

3. *Mapeamento especializado* ($1 \Rightarrow n$) onde uma *feature* de projeto é mapeada em muitas *features* de usinagem, ou seja, alternativas de operações de usinagem, mapeamento um para *n*. *features* (ranhuras e superfícies cônicas);

4. *Decomposição discreta* ($1 \Rightarrow m$): quando uma *feature* é mapeada para duas ou mais *features* em outro domínio. Por exemplo um furo escareado (*feature* de projeto) é produzido por uma seqüência de operações, onde a primeira operação realiza a furação e a segunda o escareamento do furo (*m features* de usinagem);

5. *Mapeamento conjugado* ($m \Rightarrow n$): quando uma *feature* (obtida após o mapeamento) é resultante de apenas algumas partes de duas ou mais *features* de outro domínio. As *features* são decompostas em suas faces e as faces são reagrupadas, formando novas *features* com porções de *features* diferentes, assim *m*. *features* produzem *n*. *features*, sendo esta a mais complexa de todas as classes de *features* (vários cilindros, cones e cavidades de uma peça rotacional, decompostos e reagrupados para serem usinados com determinadas ferramentas);

6. *Reparametrização variante*: quando diferentes conjuntos de atributos são utilizados para representar a mesma *feature* em diferentes domínios.

Uma revisão mais detalhada sobre mapeamento de *features* pode ser encontrada em Álvares (2005). Para que seja possível ter o modelo da peça em termos de *features* de projeto, é necessário que se realize um projeto por *features*. De acordo com FINGER e DIXON citados por SALOMONS (1995), a utilização do computador no auxílio às atividades de projeto pode se dar em três etapas, quais sejam:

- Projeto conceitual ou preliminar;
- Projeto estrutural ou de configuração;
- Projeto paramétrico ou detalhado.

Sistemas de projeto por *features* têm sido construídos mas são mais adequados para a etapa de detalhamento. As etapas de projeto estrutural e conceitual ainda não dispõem de sistemas baseados em *features* suficiente maduros.

O planejamento do processo necessita, além da definição da geometria da peça, de dados como tolerâncias, acabamentos superficiais e especificações de material (SHAH e MÄNTYLÄ, 1995). Se estes dados já estão prontos no modelo derivado de um CAD baseado em *features*, então, quando comparado a um sistema de reconhecimento de

features, esta abordagem permite uma redução significativa no esforço empreendido para a comunicação CAD-CAPP. Por outro lado, ao utilizar um sistema de projeto por *features*, o projetista deve se limitar à utilização das *features* presentes na biblioteca. Esta seria então uma desvantagem do projeto por *features* em relação ao reconhecimento de *features*.

SHAH E MÄNTYLÄ (1995) descrevem várias técnicas de transformação/conversão de *features* de projeto em *features* de usinagem, destacando-se os métodos heurísticos, estruturas de nível intermediária, mapeamento baseado em células e mapeamento baseado em grafos. Cabe destacar uma técnica de mapeamento de *features* para processo muito utilizada, denominada *Shallow Knowledge* (Conhecimento Superficial), segundo SHAH e MÄNTYLÄ (1995). Nesta técnica o sistema de planejamento de processo utiliza mapas superficiais (*shallow*) com representação simbólica de formas para representação de processos de fabricação. As formas são classificadas em formas de grupos de formas similares e cada grupo é associado com processos que podem produzir a peça.

2.8.3.2 Projeto com *Features* de Manufatura

Normalmente a abordagem baseada em *features* de manufatura é empregada na modelagem de peças prismáticas, associando o volume a ser removido de material da peça diretamente à *feature* de usinagem, através da subtração de material da peça bruta em função da ferramenta de corte selecionada.

Utiliza-se um modelador sólido do tipo CSG (*Constructive Solid Geometry*), por trabalhar diretamente com operações booleanas de subtração de *features* a partir da peça bruta até chegar à geometria desejada da peça acabada. Por exemplo, no processo de furação o volume de material removido está associado diretamente ao diâmetro da ferramenta, bastando definir uma operação booleana de subtração de um volume cilíndrico com determinadas dimensões de diâmetro (ferramenta) e comprimento (profundidade de corte).

Em peças cilíndricas/rotacionais esta associação não é tão óbvia como nas peças prismáticas quando se utiliza modeladores CSG, pois o projetista deve associar o volume a ser removido de material à forma geométrica desejada, sendo esta estratégia pouco utilizada nas peças rotacionais.

Como é possível representar uma peça rotacional através de 2D, não é necessário utilizar-se de um modelador sólido (WANG e LI, 1991). No projeto de peças rotacionais é

mais adequado utilizar a abordagem de projeto baseado em *features* de projeto trabalhando-se com uma biblioteca de *features* para criar a geometria desejada. As peças rotacionais podem ser formadas por dois grupos de *features* de projeto (Álvares, 2005): concêntricas (*features* internas e *features* externas) e não-concêntricas (*features* de Eixo C, ferramenta rotativa).

2.9 Projeto Por *Features*

Segundo SHAH e MÄNTYLÄ (1995) duas metodologias de projeto por *features* são comumente utilizadas:

1. *Destruction by Machining Features*, também é conhecida por *Destructive Solid Geometry* ou *Deforming Solid Geometry* (DSG);
2. Síntese por *Features* de Projeto.

A abordagem *Destruction by Machining Features* inicia-se com um modelo da peça na qual a peça desejada será usinada. O modelo da peça é criado pela subtração na peça bruta de *features* que correspondem ao material removido por operações de usinagem. O sistema Cybercut (<http://cybercut.berkeley.edu>) utiliza esta abordagem, obrigando o usuário a remover entidades geométricas de uma peça de formato regular através do fresamento e furação da peça bruta, de tal forma que o processo de manufatura da peça é incorporado, de forma inerente, ao projeto. Alguns sistemas comerciais também suportam esta abordagem.

Estes sistemas usam um conjunto de *features* pré-definidas que são subtraídas do sólido base (peça bruta). Na abordagem com *features* de manufatura o projetista é forçado a definir a geometria da peça usando um conjunto de *features* associadas com um processo de manufatura específico. Exemplos de utilização desta abordagem são os sistemas *Quick Tournaroud Cell - QTC*, *First Cut* e Cybercut. Para usinagem, as *features* disponíveis para o projetista são limitadas as *features* negativas e todas são subtraídas da peça bruta. A vantagem deste método é que as *features* de usinagem estão diretamente disponíveis no modelo da peça não sendo necessário o reconhecimento ou mapeamento de *features*. A imposição deste método é a sua restrição, pois assume que o projetista tem um amplo conhecimento de manufatura e força o projetista a pensar em termos de *features* de manufatura. O projetista está interessado, inicialmente, na forma da peça e nos aspectos funcionais.

A segunda abordagem, síntese por *features* de projeto, difere da abordagem anterior com relação ao modelo que pode ser construído tanto pela adição quanto pela subtração de *features*, não sendo necessário iniciar com um modelo de uma peça bruta.

Em todas as abordagens de Projeto por *Features*, as peças são criadas diretamente usando *features* e o modelo geométrico é gerado do modelo de *features*. Isto requer que o sistema de projeto (CAD) tenha definições genéricas de *features* disponibilizadas pela biblioteca de *features*, permitindo a instânciação das *features* pela especificação de dimensões, parâmetros de localização, a *feature*/face/aresta sobre a qual está localizada e vários outros atributos (propriedades), restrições e relacionamentos.

A figura 2.2 apresenta um diagrama da técnica de criação de *features* utilizada na metodologia. O usuário interage com o modelador de *features* e constrói o modelo de *features* a partir da instânciação de *features* disponibilizadas pela biblioteca de *features*. A partir do modelo de *features* o modelador geométrico cria o modelo geométrico da peça. O modelo de *features* define a forma, atributos dimensionais, posição das *features*, restrições geométricas e atributos não-geométricos (*features* de materiais, *features* de Tolerância, entre outros). Já o modelo geométrico é constituído por entidades topológicas, gráficos topológicos, entidades geométricas e ponteiros topológico-geométricos. Modelos geométricos são representados normalmente por modelos gráficos 2D e 3D (arame), modelos de superfície e modelos sólidos.

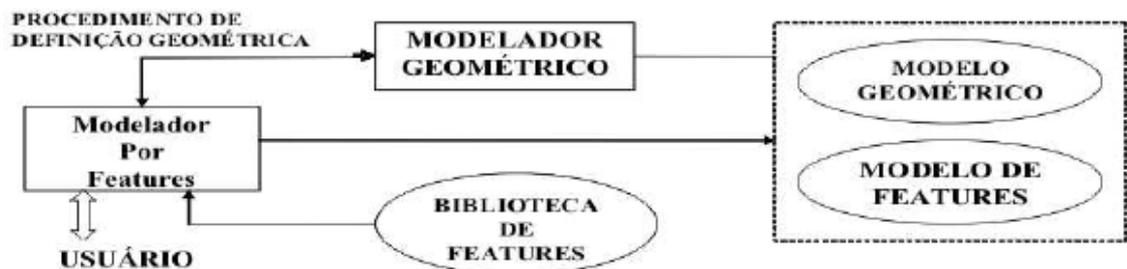


Figura 2.2: Abordagem de criação de *features* utilizando projeto por *features* (SHAH e MANTYLA, 1995).

2.9.1 ISO10303-224: Definição de Produto para Planejamento de Processo

O Protocolo de Aplicação Part 224 do STEP (ISO 10303-224, 1997) foi desenvolvido para definição de produtos mecânicos voltado para o planejamento de processo

computadorizado usando *features* de forma. Part 224 inclui tolerâncias, propriedades do material e de superfícies e dados de controle da produção e administrativos. Uma *Feature* de manufatura é definida como uma informação de produto necessária no planejamento de processo automatizado. Existem três categorias de *features* de manufatura, segundo Part 224 (SHAH e MÄNTYLÄ, 1995): *features* de transição, *features* repetidas e *features* de usinagem.

Uma *feature* de usinagem é definida como uma forma que representa volumes para serem removidos por usinagem. Contudo, uma saliência também é tratada como uma *feature* de usinagem. São definidas em termos de objetos de aplicação, que inclui a definição do tipo de *features* (saliência, furo, recartilhado, canal, cavidades, perfis 2D, rosca, etc), perfil, localização/orientação, dimensões e tolerâncias.

Uma *feature* de transição especifica uma área de transição entre duas superfícies; diferindo das *features* de usinagem na qual nenhuma orientação de posicionamento é necessária. Aplicam-se apenas à quinas/cantos, como: filetes que são arredondamentos aplicados às arestas côncavas, chanfros (é plano) e cantos arredondados (é curvo) são aplicados às quinas convexas.

Uma *feature* repetida é especificada por uma *feature* base e um arranjo geométrico de cópias da *feature* base. Podem incluir padrões retangulares ou circulares.

2.9.2 ISO10303-48: *Features* de Forma

Segundo SHAH e MÄNTYLÄ (1995) existem vários tipos de *features* geométricas como: *features* de forma (descrevem porções da geometria nominal/idealizada da peça); *features* de tolerância (descrevem variação geométrica em relação à forma nominal); *features* de montagem (descrevem relacionamentos entre peças em uma montagem mecânica). Além das *features* geométricas temos as *features* funcionais e *features* de materiais.

Em função da aplicação, ou seja, de um particular ponto de vista, visão, uma *feature* de forma pode ser chamada de *feature* de projeto, *feature* de manufatura, *feature* de inspeção, *feature* de torneamento, *feature* de usinagem, *feature* de fixação, *feature* de custo, etc.

Modelos de *features* são dependentes do domínio, ou seja, da aplicação. Quando uma peça é projetada por *features*, o modelo resultante nem sempre é conveniente para uma

dada aplicação, como para o planejamento de processo. O Protocolo de Aplicação Part 48 (ISO 14649, 2003) define um modelo de *features* de forma de propósito geral tendo por objetivo fornecer uma definição de *features* independente do domínio, ao contrário de Part 224 que é limitado ao escopo para produzir *features* pelos processos de torneamento e fresamento.

As técnicas de mapeamento a serem utilizadas são derivadas de:

1. *Métodos heurísticos*, onde as *features* podem ser combinadas ou decompostas em função de um conjunto de regras de transformação de uma visão à outra (mapeamento 1 => 1, por exemplo);
2. Técnica de *mapeamento baseado em células*, onde volumes são combinados dentro de diferentes grupos extraindo-se as *features* de usinagem de *features* de projeto. Muitos métodos de decomposição de célula volumétrica têm sido propostos (SHAH e MANTYLA, 1995), sendo que todos os métodos envolvem quatro fases:
 - Determinar o volume a ser removido por usinagem (peça acabada menos peça bruta);
 - Particionar cada volume de remoção de material em sub-volumes elementares;
 - Combinar os volumes elementares em *features* de usinagem;
 - Combinar as *features* de usinagem para operações de usinagem com base na classificação anterior.

2.10 Aderência à Norma ISO 14649 (STEP-NC)

ISO 14649 (2003) é basicamente uma representação estruturada de um plano de processo para operações de torneamento, fresamento, eletroerosão, entre outras, sendo baseada em *features* de usinagem (Álvares, 2005). ISO 14649 está em desenvolvimento para operações de torneamento, sendo denominada de ISO 14649 - Part 12.

Enquanto o padrão ISO 6983 (código G) preocupa-se em especificar a trajetória de movimentação de ferramenta, o STEP-NC especifica o plano de usinagem por meio de *.Workingstep.*, como a entidade central. Um *Workingstep* associa uma *feature* de usinagem a uma operação de usinagem (ferramenta de usinagem, condições de corte, funções da máquina-ferramenta e estratégia de usinagem associada à movimentação de ferramenta).

As informações que constituem o ISO 14649 - Part 12 são compostas por quatro grupos (figura 2.3):

1. Descrição da tarefa: descreve a seqüência lógica de tarefas executáveis (*Machining_workingstep*, *Turning_workingstep* e *NC_function*). Os detalhes de cada *workingstep* são apresentados na descrição da tecnologia em referência a uma descrição da ferramenta, associados a uma *feature* de usinagem;
2. Descrição da tecnologia: refere-se aos detalhes de cada *workingstep* associando-o a uma *feature* de usinagem e à operação de usinagem. Assim descrevem-se a tecnologia de usinagem utilizada, listando as ferramentas, estratégias de usinagem e condições tecnológicas de usinagem;
3. Descrição da ferramenta: define os detalhes da ferramenta de corte especificada em um *workingstep*;
4. Descrição da geometria: define a geometria associada a uma *feature* de usinagem.

STEP-NC também suporta seqüências de processos não-lineares definidas através das entidades presentes em objetos executáveis de um programa STEP-NC. Estas são entidades *.SUBTYPE*. de *.program_structure*:

- Operações seletivas/*Selective*: entidade que define um conjunto de executáveis em que apenas um será executado, correspondendo ao .OU.;
- Paralelas/*Parallel*: entidade que permite executar vários executáveis em paralelo e disparados ao mesmo tempo;
- Não seqüenciais/*Non_sequential*: entidade que define um conjunto de executáveis que serão executados sem uma ordem pré-estabelecida, correspondendo ao .E..

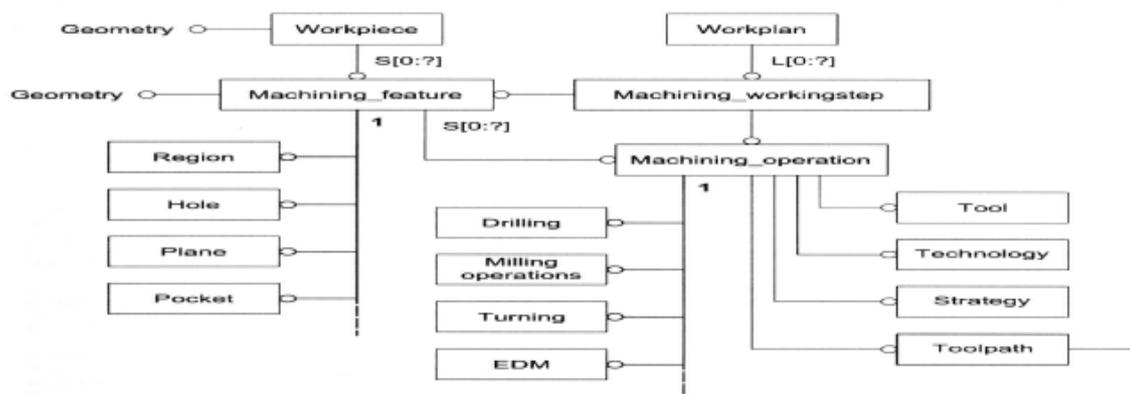


Figura 2.3: Estrutura de modelo de dados para STEP-NC representada por um diagrama Express_G (ISO 14649 - PART 1, 2003).

Assim podem-se gerar planos de processos não-lineares usando um esquema de representação baseado em Gráfico de Sequência de Processo (PSG), que nada mais é do que um grafo E-OU ((Álvares, 2005)). Um PSG é uma representação gráfica da seqüência de *workingsteps* descritas em termos de *features* de usinagem (*Machining_features*) e operações de usinagem (*Machining_operations*) usando relacionamento E-OU.

Atualmente têm-se três tipos previstos de controladores aderentes à STEP-NC (SUH *et al.*, 2002):

1. Controlador convencional: pós-processamento do ISO 14649 para código G;
2. Novo controlador STEP-NC: interpretação do programa ISO 14649 e geração da trajetória de ferramenta;
3. Novo controlador STEP-NC inteligente: executam de formas autônomas várias funções inteligentes baseado na ISO 14649, por exemplo: seleção automática de ferramentas, monitoração automática, detecção de *features* de usinagem, seleção automática das condições de corte, entre outras.

Por não se dispor atualmente de controladores comerciais STEP-NC e pelo escopo do trabalho não ser o STEP-NC, o programa NC será gerado apenas no padrão ISO 6983, códigos G e M.

2.11 Sistemas CAPP Voltados Para Operações de Torneamento

ERICKSON (1988) revisou mais de 127 sistemas CAPP e projetos associados. Ele observou que a 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. HAM e LU (1988) sugerem que as futuras pesquisas deverão incluir a integração de projeto e manufatura aplicando técnicas de inteligência artificial.

SHUNMUGAM *et al.* (2002) destacam que poucos sistemas CAPP reportados na literatura levam em consideração aspectos de otimização da seqüência das operações ou sugerem seqüências alternativas de operações ou de planos de processo. Nesta linha, uma abordagem muito utilizada é a matriz de precedência (RHO *et al.*, 1992) e o *Hamiltonian*

Path (HP), que é análogo aos problemas de planejamento de processo baseado no gráfico de precedência e matriz de custo de operação (IRANI *et al.*, 1995).

GIUSTI *et al.* (1989) apresentaram o CAPP KAPLAN descrevendo uma abordagem baseada em conhecimento para planejamento de processo de peças rotacionais. CHO *et al.* (1991) descrevem o desenvolvimento de um sistema integrado de planejamento de processo e monitoração para operações de torneamento. SHYU *et al.* (1987) descrevem um sistema integrado de CAD/CAPP/CAM para centros de torneamento. DESAI e PANDE (1991) apresentaram um sistema de modelagem baseado em *features* para CAPP voltado à fabricação de peças rotacionais. RICO *et al.* (1997) descrevem um CAPP para peças rotacionais baseado em *features* e perfis 2D. KRUTH e DETAND (1992) descrevem um sistema de CAPP para geração de planos de processos não-lineares.

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 também a falta de boas metodologias para desenvolvimento de sistemas de engenharia concorrente que incluam planejamento de processo. Sugerem que as metodologias IDEF (HARRINGTON, 1984) devem ser utilizadas para descrever os modelos das atividades de produção.

LI *et al.* (2005) e LI (2005) apresentaram um sistema de planejamento de planos de processos baseado na *Web* aplicado em projeto distribuído, sendo voltado para peças prismáticas. São apresentados três módulos de otimização: seleção de máquinas e ferramentas, determinação de *setups* e seleção da seqüência de operações de usinagem.

CHUNG e PENG (2004) apresentaram um sistema de seleção de ferramentas e máquinas baseado na *Web* voltado para o domínio de peças rotacionais.

Sistemas de planejamento do processo automatizados (CAPP) relatados na literatura como PART, PARTS, ROUND, RNDFIX e XPLANES (Álvares, 2005) implementam as seguintes funções de planejamento de operações e processos: interpretação do modelo de produto; seleção de máquinas-ferramenta; seleção de ferramentas; determinação de *setups*; projeto de fixações; determinação dos métodos/operações de usinagem; seleção de ferramentas de corte; determinação das seqüências de usinagem; cálculo das trajetórias de

ferramenta; cálculo das condições de usinagem; geração do programa NC; planejamento de capacidade.

Normalmente nestes sistemas, custo e *Throughput* são objetivos secundários a serem obtidos e os recursos disponíveis como máquinas-ferramenta, ferramentas de corte e mão-de-obra são as restrições. A partir destes recursos disponíveis deve-se buscar a elaboração de um plano de processo executável e realista.

Diversas arquiteturas de sistemas CAPP baseados na abordagem de *features* e desenvolvidos para operações de torneamento, tanto de caráter acadêmico como comercial, são detalhados em ÁLVARES (2001 & 2002), dentre os quais se incluem os seguintes sistemas:

- ROUND: sistema concebido a partir do sistema BID, que era um programa interativo desenvolvido para cálculo econômico das condições de usinagem em operações de torneamento (HOUTEN, 1984);
- TECHTURN (*Technological Oriented Turning System*): é um sistema de planejamento do processo generativo para peças torneadas (HUANG, 1988).
- CAPP Grima (REZENDE, 1996): se aplica às peças rotacionais que serão executadas em células de manufatura com estratégia de usinagem bem definida.
- Seicos Sigma P10L Multi Control: é um *software* integrado ao CNC4 de centros de torneamento da Hitachi Seiki que consiste de uma interface gráfica (*front-end*) com o usuário para realizar as atividades de planejamento do processo ((<http://www.hitachiseikiusa.com/controls>)).

2.12 Outros Trabalhos Associados ao Planejamento de Processos

2.12.1 Estratégias de Movimentação de Ferramentas e Superfícies Intermediárias

A ISO 14649 - PART 12 (2003) descreve as seguintes estratégias, usadas como referência:

- Estratégia Unidirecional: utilizada em operações de torneamento longitudinal e faceamento em uma única direção de corte (movimento linear) usando ferramenta para direita ou para esquerda, em que a ferramenta vai de um lado ao outro, e então retorna para a posição de partida, podendo ser do tipo unidirecional_perpendicular (movimento de retorno é perpendicular a direção de avanço) ou

unidirecional_diagonal (movimento de retorno/afastamento é definido por um ângulo não perpendicular com a direção de corte, normalmente 45°);

- Estratégia Bidirecional: utilizada em operações de torneamento longitudinal e faceamento em duas direções de corte (movimento linear) usando ferramenta neutra, onde a ferramenta executa o corte no movimento de ida e no movimento de retorno, na direção oposta, a 180° do movimento de ida;
- Estratégia de Contorno: utilizada em operações de perfilamento ao longo do contorno externo ou interno da peça. Utilizado normalmente para operações de semi-acabamento e acabamento;
- Estratégia para Rosqueamento: utilizada em operações de rosqueamento com a especificação de várias profundidades de corte por camada, para remoção de material. Pode ser do tipo profundidade de corte constante, profundidade de corte variável ou profundidade de corte removida constante determinada pelo CNC. A direção do rosqueamento pode ser esquerda, direita, central, esquerda zig-zag e direita zig-zag;
- Estratégia de Sangramento (*Grooving*): usada para qualquer operação de sangramento, podendo ser de um único passe ou multi-passes;
- Estratégia Explícita: faz-se uma definição exata de todos os movimentos necessários para a trajetória da ferramenta, quando não se podem utilizar as estratégias anteriores. Ou seja, o fabricante do CNC pode definir estratégias de movimentação de ferramenta proprietária.

IBRAHIM *et al.* (1994) demonstram que para um volume de material associado a um perfil de peça cônica, onde o envelope cônico é representada em 2D por uma reta inclinada, utiliza-se duas alternativas de movimentação de ferramenta: abordagem de cortes paralelos; abordagem de corte bi-axial onde a trajetória da ferramenta é paralela ao perfil da peça. Um melhor resultado é obtido para a abordagem de corte bi-axial, pois minimiza o caminho de deslocamento de ferramenta, diminuindo o tempo de usinagem. IBRAHIM *et al.* (1994) também demonstram que para um perfil circular da peça o corte bi-axial é mais eficaz que o corte paralelo.

Operações de torneamento exigem a capacidade de se tratar com o conceito de geometrias intermediárias, que são geradas durante as várias operações. Por exemplo, em

função da geometria da ferramenta determinados segmentos não poderão ser executados durante uma operação de usinagem associado a uma fixação/*setup*, pois haverá interferência entre a ponta da ferramenta e a peça durante a movimentação da ferramenta, inviabilizando a operação. Devido a este fato uma nova geometria associada à cinemática peça-ferramenta será necessária, sendo denominada geometria intermediária. É necessário a usinagem desta geometria a partir de um novo *setup*.

2.12.2 Seleção da Seqüência de Operações de Usinagem

Uma peça é composta por um determinado número de *features* que é produzida por uma sucessão de diferentes operações de usinagem. Esta abordagem *top-down* tem como objetivo apresentar um método que pode ser implementado computacionalmente a fim de agrupar as operações elementares em operações (*jobs*), realizar o seqüenciamento destas operações elementares agrupadas de acordo com seu relacionamento de precedência (anteriores). Este método de determinação da seqüência de operações de usinagem foi desenvolvido por SUNDARAM (1986) e também, descrito por HALEVI & WEILL (1995) que apresenta uma pequena diferença na resolução da matriz de relacionamento de precedência.

Esta metodologia estabelece um procedimento sistemático para seleção da seqüência de operações de usinagem. As operações elementares de usinagem podem ser agrupadas em uma seqüência e o grupo de operações elementares pode ser processado em uma única máquina. A partir da especificação de operações de usinagem é montada uma tabela de relacionamento de precedência de operações baseada nos seguintes fatores:

- Tolerância Dimensional;
- Tolerância Geométrica (acabamento superficial, tolerância de forma e posição);
- Considerações Tecnológicas (incluir desbaste antes de acabamento, por exemplo);
- Aspectos Econômicos (incluir semi-acabamento, por exemplo).

O trabalho de SUNDARAM (1986) detalha o método e apresenta a solução através de manipulação de matrizes, o que é facilmente implementado em um computador. A abordagem da solução proposta por HALEVI & WEILL (1995) não permite uma implementação computacional sendo mais adequada como demonstração de uma solução didática. Outra abordagem de otimização da seqüência de usinagem é baseada em algoritmo genético, sendo apresentado por USHER e BOWDEN (1996).

Uma diferença básica nesta proposta em relação à USHER e BOWDEN (1996) e SUNDARAM (1986) está associada aos elementos da matriz adjacente, que nesta proposta é composta por *features* de usinagem. Já em USHER e BOWDEN (1996) é composta por *features* de forma e em SUNDARAM (1986) por operações de usinagem.

ZHAO *et al.* (2002) relacionam quatro condições nas quais uma *feature* de forma rotacional irá necessitar de uma operação de acabamento:

- Se a superfície da *feature* envolve operações secundárias como rosqueamento, sangramento ou corte;
- Se a superfície da *feature* está relacionada a um requisito de tolerância dimensional $\leq \pm 0,6$ mm.
- Se a superfície da *feature* tem um requisito de tolerância geométrica;
- Se a superfície da *feature* tem um requisito de acabamento superficial $\leq 12,5\mu\text{m}$.

As principais tolerâncias dimensionais consideradas são associadas a ângulo, diâmetro, comprimento, raio e largura. As tolerâncias geométricas (forma e posição) são consideradas de dois tipos: *features* simples e *features* inter-relacionadas. As simples incluem cilindridade, planicidade, perfil de linha, perfil de superfície, circularidade e retilidade. As inter-relacionadas/ligadas incluem paralelismo, angulosidade, ortogonalidade, posição, concentricidade, simetria e batimento.

As tolerâncias associadas às *features* inter-relacionadas envolvem duas *features*, sendo a segunda, usualmente, uma *feature* de referência. Normalmente as *features* inter-relacionadas são processadas em uma mesma fixação da peça, a fim de garantir a restrição geométrica definida (ZHAO *et al.*, 2002).

Segundo CAM-I (1986), na geração da definição dos passes de corte para remoção de material deve-se utilizar a abordagem lógica denominada *outside-in*, de fora para dentro, trabalhando do contorno externo da peça bruta (*blank*) para as *features* internas. Neste tipo de cenário certo *features* devem ser representadas como sendo *filhas* de uma *feature* pai, estabelecendo um relacionamento de precedência; fazendo com que a *feature* pai seja gerado antes da *feature* filha, como ocorre em uma cavidade (*feature pai*) com um furo na sua base (*feature _lha*). Assim é necessário definir as restrições de precedência de volumes a serem removidas utilizando um grafo E/OU.

VARVAKIS (1991) apresenta um ambiente de modelagem de produto baseado em *features* para peças rotacionais, o qual é constituído por uma GUI que permite a modelagem de produto utilizando uma biblioteca de *features*. O modelador de produto está conectado ao módulo denominado .Pacote de Aplicações. que realiza as atividades de planejamento do processo e a geração do código G, sendo integrado a uma base de dados.

Utiliza-se a mesma estratégia definida em CAM-I (1986) para determinação/reconhecimento das regiões de usinagem, avaliando as regiões externas e as regiões internas da peças, varrendo o perfil associado ao modelo de *features*, e determinando os relacionamentos entre as *features* de projeto e mapeando-as em *features* de usinagem. Utiliza-se a abordagem CAM-I (1986) baseada no relacionamento Pai-Filho entre *features*, para esta finalidade.

ZHAO *et al.* (2002) apresentaram um conceito para integração de sistemas CAD e sistemas baseados em conhecimento para seleção de ferramentas de corte e condições de usinagem voltado para operações de torneamento, denominado EXCATS. Relatam também o desenvolvimento de um segundo sistema denominado CADEXCATS que integra o EXCATs a um sistema CAD comercial utilizando a abordagem de reconhecimento de *features* a partir de um arquivo IGES.

ZHANG *et al.* (1997) apresentaram uma proposta de planejamento de *setup* baseado em grafo, relacionando as alternativas de *setup*, que inclui o agrupamento de *features* em *setups*, seleção de referências de *setup* para cada *setup* e determinação da seqüência de *setups*.

AVILA e WEBER (2000) apresentaram uma especificação para o domínio de planejamento de processo para peças rotacionais simétricas utilizando a abordagem SNLP (*Systematic NonLinear Planning*).

USHER e BOWDEN (1996) apresentaram uma abordagem baseada em algoritmo genético para determinação da seqüência de operações para peças rotacionais. Utiliza regras de produção e gráficos de precedência. As *features* são divididas em *features* primárias e secundárias, onde uma *feature* primária é a forma básica de uma parte da peça (cone e cilindro, por exemplo) e as *features* secundárias determinam aspectos de forma detalhada no formato de atributos a uma forma primária, como roscas e ranhura.

Uma *feature* secundária é definida como residente sobre uma *feature* primária. As restrições de seqüenciamento observadas e critérios de otimização de seqüenciamento são classificados como:

1. Restrições de exeqüibilidade: referência de localização, acessibilidade, não destruição, tolerância geométrica e estrita precedência.
2. Critério de otimização: número de *setups*, continuidade do movimento e perda de precedência.

Features de forma em peças rotacionais apresentam relacionamentos entre *features* basicamente de dois modos: adjacente e subordinada (CHERNG *et al.*, 1998). As *features* de forma são divididas em *features* principais/primárias (cilindro, cone, face, etc) e *features* auxiliares/secundárias (filete, chanfros, entalhe, rasgo, etc). O relacionamento das *features* principais são adjacentes, isto é, anterior e posterior. Já o relacionamento entre as *features* principal e secundária são subordinados, isto é, Pai-Filho.

SCHÜTZER *et al.* (1992) desenvolveram dois protótipos para a modelagem semântica, geométrica e tecnológica de peças prismáticas e rotacionais utilizando o conceito de "*manufacturing features*" (FINDES-P) e de "*design features*" (FINDES-R), respectivamente, os quais foram implementados usando o Sistema CAD/CAM Euclid3 utilizando o sistema operacional VMS.

2.13 Métodos e Ferramentas Para CAPP

Existem vários métodos para descrever a estrutura de decisão no planejamento do processo. Os métodos de representação do conhecimento relacionam-se diretamente à lógica de decisão nestes sistemas.

Os seguintes métodos de lógica de decisão são utilizados no planejamento do processo: tabelas de decisão e técnicas baseadas em inteligência artificial destacando-se os sistemas especialistas, lógica difusa, redes neurais, sistemas multiagentes e algoritmos genéticos (WANG e LI, 1991).

Uma base de dados relacional é a maneira mais adequada de compartilhar dados para as diversas atividades a serem desenvolvidas para integração CAD/CAPP/CAM. Durante a modelagem por *features*, no cliente, é necessário o armazenamento das instâncias de classes de *features* definidas no processo de modelagem da peça. Estas informações devem ser armazenadas em uma base de dados, no servidor. Com estas informações disponíveis, o

sistema de CAPP poderá utilizar diversos métodos para resolução dos problemas referentes ao planejamento de processo. Os diversos módulos do CAPP podem trabalhar utilizando uma arquitetura multiagente em que cada atividade a ser executada pelos módulos do CAPP seria considerada um agente (ULIERU *et al.*, 2000). A seguir é apresentado uma pequena revisão sobre informações de manufatura em banco de dados relacionais, técnicas baseadas em Inteligência Artificial utilizadas na tomada de decisão de um CAPP generativo, e finalmente uma introdução sobre agentes de softwares, sistemas multiagentes e a arquitetura de desenvolvimento de agentes denominada JATLite. Em ÁLVARES (2003 e 2002) e MANET (2002) estes tópicos são apresentados em detalhes.

2.13.1 Banco de Dados

Segundo JUNIOR (2001) os modelos de banco de dados são coleções de ferramentas conceituais para a descrição de dados, relacionamentos, semântica e restrições. O modelo conceitual de banco de dados associado às informações de fabricação pode ser dividido em duas grandes áreas (WANG e WALKER, 1989):

1. Conhecimento de manufatura: conhecimento declarativo;
2. Regras de manufatura: conhecimento procedural.

O conhecimento do planejamento do processo pode ser classificado de maneira geral em: conhecimento dos componentes/peças; conhecimento de máquinas; conhecimento de ferramentas; conhecimento de sistemas de fixação; conhecimento de materiais.

Este conhecimento pode ser armazenado em banco de dados e acessado pelas várias atividades de manufatura incluindo o planejamento do processo. Normalmente o modelo de base de dados relacional (JUNIOR, 2001) é utilizado para armazenar e disponibilizar este conhecimento de manufatura para a empresa. Logo o desenvolvimento de sistemas CAPP utilizando ambientes de *softwares* baseados em Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional (DBMS) é uma abordagem muito utilizada para compartilhamento do conhecimento da manufatura nas diversas atividades necessárias ao planejamento do processo.

2.13.2 Inteligência Artificial

Técnicas ou abordagens emergentes de Inteligência Artificial (AI) como redes neurais, lógica difusa, algoritmos genéticos, sistemas especialistas, etc, oferecem novas

oportunidades e abordagens para resolver complexos problemas associados à elaboração automática de planos de processo (DÉPINCÉ *ET al.*, 2001). A maioria dos métodos utilizados na pesquisas de CAPP são baseados em lógica difusa ou um *mix* de métodos usando redes neurais, lógica difusa e sistemas especialistas. Atualmente as técnicas de AI são usadas em funções específicas como seleção de ferramentas de corte, seqüenciamento das operações, reconhecimento de padrões, etc.

O uso de técnicas de AI em planejamento do processo tem destacado a necessidade de se ter a abordagem certa aplicada no domínio do problema. Algumas técnicas como algoritmos genéticos ou lógica difusa podem tratar com planos de processos contendo alternativas, gerando planos de processos não-lineares. Considera-se que o próximo desenvolvimento de sistema de CAPP é a integração de técnicas de AI dentro do campo de inteligência artificial distribuído, como em uma arquitetura computacional baseada em Agentes (DÉPINCÉ *et al.*, 2001). Neste caso as atividades são distribuídas através de múltiplos resolvidores de problemas especializados, ou seja, o Agente.

HASHMI *et al.* (1998) desenvolveu uma aplicação para seleção das condições de usinagem utilizando-se da abordagem baseada em lógica difusa. HASHMI *et al.* (1998) conclui o estudo indicando que existe uma boa correlação entre os dados utilizados de velocidade de corte recomendados pelo *Machining Data Handbook* e os valores de velocidade previstos pelo modelo em lógica difusa.

O uso de sistemas distribuídos tem mostrado que a inteligência distribuída melhora a eficiência do processo de decisão. Em sistemas distribuídos, o problema original é decomposto em sub-problemas e cada sub-sistema especialista é responsável por uma tarefa específica. Em um único sistema, diferentes fontes de conhecimento coexistem e o uso de Inteligência Artificial Distribuída (DAI) permite o gerenciamento evitando os conflitos devido às várias formas de representação de conhecimento utilizadas. No final as soluções parciais criadas pelos sub-sistemas são colocadas juntas, de forma ordenada, para obter uma solução global.

Outra vantagem de técnicas de DAI é a possibilidade de integrar o usuário na malha de decisão: de maneira a controlar e disparar os subsistemas especialistas por meio de três maneiras: orientado ao usuário, orientado pelo cenário e disparo automatizado.

Em DÉPINCÉ *et al.* (2001) é apresentado uma arquitetura para CAPP generativo baseada na representação multiagentes. MAS distribui as atividades de planejamento do processo para múltiplos agentes especializados e coordena-os de maneira a obter a solução global. Um agente é uma entidade que pode atuar em um ambiente, comunicar-se com outros agentes e cujo comportamento é resultado de suas observações, conhecimento e interação com outros agentes. Um agente pode ser um modelo de dados (máquinas, ferramentas, dispositivos, etc), um supervisor, funções matemáticas ou um ser humano.

O planejamento de processos de fabricação tem uma característica bastante peculiar, pois não existe um algoritmo predefinido para a geração dos planos de processo. Assim, se faz necessária a utilização de uma metodologia de programação especialmente voltada para a solução de problemas desta natureza. A tecnologia de sistemas especialistas se apresenta como uma alternativa bastante atrativa, também.

2.13.3 Agentes de Software

Agentes são metáforas computacionais para um tipo de componente de software que em seu funcionamento pretende imitar o comportamento de seres humanos no tocante a diversas características, particularmente no que se refere a um comportamento independente e inteligente (MANET, 2002). Apesar dessa idéia geral, diversas definições de agentes podem ser encontradas na literatura. WOOLDRIDGE e JENNINGS (1995) apresentaram duas propostas de definição de agentes, no que chamam de noção forte e noção fraca, dependendo do grau de "realismo" com que se pretende entender a metáfora de agente. A seguir são apresentadas várias definições associadas ao tema agentes, sendo descritas com mais detalhes em MANET (2002).

2.13.4 Arquitetura de Agentes

Um tópico importante relacionado à tecnologia de agentes diz respeito às diferentes arquiteturas que podem ser idealizadas para a implementação de agentes. Entende-se por uma arquitetura de agentes como sendo o conjunto de especificações e técnicas utilizadas para a definição funcional dos agentes (WOOLDRIDGE e JENNINGS, 1995), onde:

- MAES define uma arquitetura de agentes como: "Uma metodologia particular para a construção de agentes. Especifica como os agentes podem ser decompostos na construção de um conjunto de módulos (componentes) e como estes módulos

podem interagir entre si. O conjunto total de módulos e suas interações devem especificar como os dados dos sensores e o estado interno do agente será utilizado para determinar as ações realizadas pelo agente e seu futuro estado interno. Uma arquitetura envolve técnicas e algoritmos que suportem esta metodologia."

- KAELBLING considera uma arquitetura de agentes como: "Uma coleção específica de módulos de software (ou hardware), tipicamente designados por caixas com setas que indicam os dados e o fluxo de controle entre os módulos. Uma visão mais abstrata de uma arquitetura é uma metodologia geral para projetar a decomposição em módulos particulares direcionados às tarefas particulares."

2.13.5 Tipologia de Agentes

Existem diferentes critérios para a classificação de agentes. Por exemplo, os agentes podem ser classificados por sua mobilidade, ou seja, sua habilidade em mover-se por diferentes nós de uma rede (MANET, 2002). Segundo este conceito os agentes podem ser classificados como agentes estáticos ou agentes móveis. Outra possível classificação pode ser feita segundo sua arquitetura. Assim, eles poderiam ser classificados como deliberativos ou reativos (também conhecidos na literatura como reflexivos).

Os agentes também podem ser classificados segundo os diferentes atributos que possam idealmente exibir (MANET, 2002). Neste sentido, JENNINGS (1994) descreve uma classificação prática dos agentes (baseado em alguns casos no que são os agentes, e outros no papel que eles executam), resultando na seguinte classificação:

1. Agentes colaborativos (*Collaborative Agents*): agentes geralmente estáticos e grandes sobre os quais há ênfase na autonomia e cooperação com outros agentes para executar tarefas em prol de seus proprietários, em ambientes multiagente abertos ou de tempo limitado. Eles podem ter aprendizado, mas este atributo não é geralmente de maior importância em sua operação. Para coordenar suas atividades, eles podem realizar algum tipo de negociação para alcançar acordos mutuamente aceitáveis.
2. Agentes de interface (*Interface Agents*): suportam e fornecem uma ajuda pró-ativa, geralmente para um usuário utilizando um programa de aplicação complexo. Este tipo de agente enfatiza sua autonomia e capacidade de aprendizado para executar as tarefas em nome de seus proprietários. Uma metáfora usada para definir os agentes

de interface, é que são assistentes pessoais os quais estão colaborando com o usuário no mesmo ambiente de trabalho. Sua cooperação com outros agentes, se existe, é tipicamente limitada para responder às consultas.

3. Agentes móveis (*Mobile Agents*): processos de software com capacidade de movimentar-se através das redes de longo alcance (*WANs, Wide Area Networks*), como é o caso da WWW (*World Wide Web*), interagindo com *hosts* externos, executando tarefas em nome de seus proprietários e retornando a sua origem com o resultado das tarefas executadas. Estas tarefas ou obrigações podem ser as mais diversas possíveis, desde fazer uma reserva de vôo até manipular uma rede de telecomunicações.
4. Agentes de informação (*Information Agents*): administradores de informação WWW pró-ativos, dinâmicos, adaptativos e colaborativos que executam o papel de administradores, manipuladores ou coletores de informação de qualquer recurso distribuído.
5. Agentes reativos ou reflexivos (*Reactive Agents*): agentes que não possuem internamente modelos simbólicos de seus ambientes, embora respondam de maneira "estímulo-resposta" ao estado atual do ambiente no qual são colocados.
6. Agentes híbridos (*Hybrid Agents*): agentes cuja constituição é uma combinação de duas ou mais filosofias.
7. Sistemas de agentes heterogêneos (*Heterogeneous Agent Systems*): algum software baseado em agentes que combine dois ou mais agentes das categorias descritas acima.

2.13.6 Linguagens de Agentes

Com o desenvolvimento da tecnologia de agentes, uma grande variedade de ferramentas de software encontra-se disponível para o projeto e construção de sistemas baseados em agentes. O número emergente de protótipos de linguagens de agentes é um sinal de que a tecnologia de agentes está sendo amplamente utilizada e que muitas aplicações baseadas em agentes estão sendo desenvolvidas.

WOOLDRIDGE e JENNINGS (1995) escreveram a respeito: "por uma linguagem de agente, entende-se um sistema que permita programar hardware ou software de sistemas de computação em termos de alguns dos conceitos desenvolvidos pelos teóricos de agentes.

Como mínimo, espera-se que tal linguagem inclua alguma estrutura correspondente a um agente". Como a questão "O que é um agente?" é muito polêmica e não existe um consenso (e possivelmente nunca existirá) com respeito a esta questão, alguns pesquisadores consideram uma linguagem como linguagem de agentes e outros podem não considerá-la da mesma maneira. O que é certo, é que elas prestam-se em diferentes graus para diferentes tipos de definições e aplicações de agentes.

Até agora foi utilizado à terminologia "linguagem de agentes" para referenciar a linguagem utilizada na criação dos agentes. É importante destacar que existe outro enfoque para esta terminologia, onde se utiliza "linguagem de agentes" para referenciar a linguagem que dois ou mais agentes utilizam para comunicar-se entre si, quando interagindo em um ambiente comum (MANET, 2002).

Esta terminologia é usual dentro do contexto de sistemas multiagentes, sendo que as "linguagens de agentes" são utilizadas para o intercâmbio de conhecimento a ser compartilhado entre os agentes que cooperam/colaboram em sistemas deste tipo. Dois tipos de linguagens de agentes são destacados na literatura (NWANA, 1997): as chamadas Linguagem de Comunicação de Agentes (ACL) e as chamadas Linguagens de Conteúdo (CL).

As ACL são utilizadas para deixar explícito o ato comunicativo relacionado à mensagem, ou seja, destaca-se o ato comunicativo pretendido pelo agente quando de sua comunicação com seu interlocutor.

Alguns exemplos desta linguagem são o KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) e o FIPA-ACL (*Foundation for Intelligent Physical Agents - Agents Communication Language*).

As CL, por sua vez, são utilizadas para expressar o conhecimento que se deseja compartilhar com o destinatário da mensagem. Exemplos de linguagens deste tipo são o KIF (*Knowledge Interchange Format*), FIPA-CLL (*FIPA Content Language Library*), FIPA-SL (*FIPA Semantic Language*), FIPARDF (*FIPA Resource Description Framework*), FIPA-CCL (*FIPA Constraint Choice Language*) e o FIPA-KIF (*FIPA Knowledge Interchange Format*).

Uma mensagem na linguagem de comunicação entre agentes KQML consiste de uma performativa (PERFORMATIVE - meta mensagem) que denota o ato de fala ou intenção

do agente, seus argumentos obrigatórios, como o conteúdo da mensagem e outros argumentos que descrevem o conteúdo. No exemplo da tabela 2.4, o AgenteA quer saber se o AgenteB pode fornecer a posição (em termos da coordenada X) e comprimento (L) de uma *feature* cilíndrica_interna, no contexto da ontologia⁷ de *Features-cilíndrica_interna* (campo :ONTOLOGY *Features-cilíndrica_interna*). O AgenteA pergunta isto (intenção diretiva), então, ao AgenteB, que retorna as respectivas posição e comprimento das *features* cilíndricas_internas contidas na sua base de dados (intenção informativa). Como se pode observar, as mensagens respondem e conectam-se logicamente umas às outras pelo campo :IN-REPLYTO.

Tabela 4.1: Troca de mensagens utilizando KQML.

Agente A	Agente B
<i>(ask-all :sender AgenteA</i>	<i>(tell :sender AgentB</i>
<i>:receiver AgentB</i>	<i>:receiver AgenteA</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 Java</i>	<i>:language Java</i>
<i>:ontology: Features</i>	<i>:ontology: Features</i>
<i>:content "[Feature.ID (X,L)]"</i>	<i>:content "[Feature.ID (30,40),Feature.ID (76,10)]"</i>

Desta feita, a primeira mensagem (id1) está ligada à mensagem id0, e a segunda (id2) responde à mensagem id1. O conteúdo das mensagens foi codificado no formalismo lógico de representação Java (campo: LANGUAGE).

2.13.7 Objetos e Agentes

A engenharia de software baseada em agente é com frequência comparada à programação orientada a objetos (POO), em que os agentes, assim como os objetos, compartilham algumas propriedades tais como: encapsulamento, herança (com certa frequência) e fornecem uma interface baseada em mensagens para suas estruturas de dados internas e seus métodos (ou algoritmos). Na programação orientada a objetos, o significado de uma mensagem pode ser diferente de um objeto para outro (princípio do polimorfismo). Na engenharia de software baseada em agentes, os agentes utilizam uma linguagem comum, que tem uma semântica independente dos agentes, ou seja, os agentes devem ter uma linguagem de comunicação (ACL) comum de modo que todos possam se entender.

Outra diferença entre objetos e agentes é que um objeto tem uma postura passiva diante do mundo (MANET, 2002). Ou seja, um objeto é uma entidade do mundo que somente recebe mensagens, efetuando um comportamento em resposta a elas. Por outro lado, um agente tem uma postura ativa, ou seja, é uma entidade do mundo que possui um ciclo de vida e que durante esse ciclo de vida estará adquirindo continuamente informações do mundo, através da busca ativa por mensagens que se encontrem no ambiente em que está inserido.

2.13.8 O Desenvolvimento de Sistemas de Agentes (ou Multiagentes)

Agentes podem ser integrados a sistemas de software na forma de componentes especialmente desenvolvidos para operar de maneira pró-ativa e contínua. Desta forma, podem-se adotar as mesmas metodologias de projeto de *software* utilizadas, por exemplo, em sistemas orientados a objetos, com apenas pequenas modificações. Essas modificações ocorrem principalmente na fase de *design*, durante a atribuição de funcionalidades (responsabilidades) aos componentes de *software*.

Nesse instante, ao invés de se projetar um componente na forma de um autômato (grupo de objetos trocando mensagens entre si, o que seria natural na metodologia orientada a objetos), utiliza-se a metáfora de um agente. Nesse caso, o projeto do componente-agente passará por etapas de definição das responsabilidades do agente (sua motivação - geratriz do comportamento pró-ativo), e ciclo de vida. A atribuição de uma motivação a um agente não é uma tarefa trivial, sendo atualmente fonte de inspiração para toda uma área de pesquisas dentro do tema "sistemas inteligentes".

2.13.9 Qual Modelo de Tomada de Decisão Utilizar ?

A utilização de uma arquitetura baseada em sistemas multiagentes (MAS) aliada a SOA (MCINTOSH, 2004) é muito atrativa atualmente, por permitir o desenvolvimento de sistemas colaborativos e distribuídos utilizando-se redes de comunicação baseadas no protocolo TCP/IP e serviços baseados na *Web*, em uma arquitetura cliente/servidor.

Desta forma pode-se utilizar diversos tipos de agentes trabalhando cooperativamente e de forma distribuída na resolução dos diversos problemas associados ao ciclo de desenvolvimento de produto (projeto, planejamento do processo e fabricação) via *Web*. Por exemplo, pode-se utilizar um sistema de gerenciamento de base de dados relacional

(MySQL R ou SQL R) para compartilhar as informações dos recursos disponíveis de manufatura (máquinas, ferramentas, informações de materiais, dispositivos de fixação, etc) e ter os agentes como os resolvedores das atividades de projeto e planejamento do processo. Os agentes podem ser implementados utilizando diversas abordagens na sua lógica de decisão: sistemas especialistas baseado em regras de produção, algoritmos genéticos, redes neurais, tabelas de decisão, entre outros.

Pode-se utilizar a linguagem de comunicação de agentes KQML ou FIPA-ACL como linguagem que os agentes usam para se comunicar. Por exemplo, o sistema Cybercut (AHN *et al.*, 2001) utiliza o KQML como linguagem de comunicação. A arquitetura de agentes utilizada pelo sistema Cybercut pode ser tomada como referência para o trabalho de doutorado. Cybercut foi concebido em um ambiente em rede de agentes de *softwares* interoperáveis. A arquitetura Cybercut não prevê o projeto detalhado colaborativo (CAD colaborativo), ao contrário da metodologia WebMachining.

Cybercut utiliza a ferramenta computacional JATLite (*Java Agent Template Lite*). JATLite é um pacote de programas escritos em Java baseado na teoria de agentes denominada *Typed-Message Agents*, que permite aos usuários a criação de agentes de *softwares* que se comunicam de forma robusta usando protocolo TCP/IP. Um agente é definido em termos de uma comunidade de agentes que trabalha por meio de computação distribuída usando *typed-messages*. Esta ferramenta pode ser obtida gratuitamente na URL <http://java.stanford.edu/index.html>. JATLite oferece uma infra-estrutura básica na qual agentes registrados com um *Agent Message Router* (AMR) usam um nome e um *password*, conectando-se e desconectando-se da Internet, mandando e recebendo mensagens, transferindo arquivos com FTP, e geralmente trocando informações com outros agentes através dos vários computadores onde eles estão sendo executados.

JATLite foi utilizado na implementação do CyberCut e também será utilizado no desenvolvimento da metodologia e na implementação do sistema WebMachining. O protocolo de mensagem compartilhado utilizado é o KQML. JATLite permite o desenvolvimento de uma infra-estrutura para *Typed-Message Agents*, definido nos termos de uma comunidade de agentes. Maiores informações sobre KQML e sistemas desenvolvidos utilizando-se a arquitetura de agentes podem ser encontradas na URL <http://www.cs.umbc.edu/kqml>. Uma abordagem interessante utilizando o *kernel* de sistema

especialista JESS (Clips portado para Java), KQML e JATLite é descrito na URL <ftp://suse.lab.unb.br/pub/papers/CooplS99-paper.pdf>.

Em CAMARINHA-MATOS *et al.* (2001) é apresentada uma comparação da utilização de plataformas (ambientes) para desenvolvimentos de sistemas multiagentes. São avaliados vários ambientes de desenvolvimentos e analisados três com maior profundidade: JATLite, FIPA-OS e Jade (*Java Agent DEvelopment Framework*) (<http://sharon.cselt.it/projects/jade/>). Jade e FIPA-OS obtiveram uma melhor avaliação que JATLite, por terem uma melhor documentação, compatibilidade FIPA-ACL e maior funcionalidade no desenvolvimento de sistemas multiagentes. Em SHEN e NORRIE (1999) é apresentada uma revisão de literatura sobre sistemas baseados em agentes para manufatura inteligente, sendo que muitos utilizam KQML e JATLite.

Maiores informações sobre outras ferramentas acadêmicas para desenvolvimento de sistemas multiagentes podem ser encontradas na URL <http://www.agentbuilder.com/AgentTools/academic.php> e em SHEN, *et al.* (2001). Ferramentas comerciais podem ser encontradas na URL <http://www.agentbuilder.com/AgentTools/commercial.php>. Na URL <http://www.dbgroup.unimo.it/Miks/selectedAgentSoftware.html> são apresentadas ferramentas para desenvolvimento de agentes de propósito geral, *toolkits* para desenvolvimento de MAS, entre outros.

3. CRONOGRAMA

3.1 Disciplinas (1/2009)

Solicito aproveitamento de créditos do mestrado em Ciências da Computação realizado na Universidade Federal de Uberlândia.

3.1.1. Obrigatórias

- Métodos Matemáticos para Engenharia
- Instrumentação

3.1.2. Optativas

- Tópicos Avançados em Sistemas Mecatrônicos I - Automação de Processos

3.1.3. Disciplinas de Orientação

- Projeto de Tese

3.2. Cronograma Físico

Fases do Projeto	1/2009	2/2009	1/2010	2/2010	1/2011	2/2011	1/2012	2/2012
Levantamento do Estado da Arte	■	■	■	■	■	■		
Estudo Dirigido		■						
Implementação do Algoritmo de Aprendizagem			■	■				
Elaboração e Defesa de Qualificação				■				
Coleta de dados e validação do modelo			■	■	■	■	■	
Elaboração de Artigos		■	■	■	■	■		
Finalização e Defesa da tese					■	■	■	■

4. PLANO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Publicar pelo menos 10 (dez) artigos em revistas internacionais classificado na CAPES como Qualis A:

- International Journal of Production Research
- Quality and Reliability Engineering International
- International Journal of Smart Engineering System Design
- Lifetime Data Analysis
- Journal of Process Control
- Journal of Intelligent Manufacturing
- Journal of Materials Processing Technology
- Journal of Manufacturing Systems
- International Journal of Machine Tools and Manufacture
- International Journal of Production Research

Publicar pelo menos 30 (trinta) artigos nos principais congressos e seminários:

- COMDEM – International Congress on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management (2009/2010/2011/2012)
- MARCON – Maintenance And Reliability Conference.
- SDEMPED – IEEE International Symposium on Diagnostics for Electrical Machines, Power Electronics and Drives.
- EUROMAINTENANCE
- COBEM – International Congress of Mechanical Engineering.
- CIBIM – Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica.
- CAIP – Congreso Interamericano de Computación Aplicada a la industria de Procesos.
- Society for Machinery Failure Prevention Technology Meeting.
- Conference of Maintenance and Reliability

REFERÊNCIAS

Alting, Leo; Zhang, Hong-Chao. Computer Aided Process Planning: the State-of-the-Art Survey. *International Journal of Production Research*, v.27, n.4, p.553-585, 1989.

Álvares, A. J., 2001, Monografia da Disciplina de Estudo Dirigido: Métodos para o Projeto, Planejamento do Processo e Fabricação de Peças Assistidos por Computador, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, <http://WebMachining.AlvaresTech.com/capp>.

Álvares, A. J., Ferreira, J. C. E, CAD/CAPP/CAM Integration Methodology for the Remote Manufacture of Cylindrical Parts Through theWeb In: 17o Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica (COBEM), 2003.

Álvares, A. J. ; Soares, G. F. ; Araújo, F. H. P. . WebCAPP: IMPLEMENTAÇÃO DE UM CAPP VARIANTE BASEADO NA CODIFICAÇÃO OPTIZ. In: II Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, CONEM 2002, 2002.

Álvares, A. J., Ferreira, J. C. Development of a System Internet-based Collaborative CAD/CAPP/CAM in a Context of E-Manufacturing. In: The 18th International Congress of Mechanical Engineering, 2005, Ouro Preto – MG.

- Álvares, A. J.; Ferreira, J. C. E. A System for the Design and Manufacture of Feature-based Parts through the Internet. In: *Int. J. Adv. Manuf Technol*, 2008.
- Álvares, A. J.; Ferreira, J. C. E. WebMachining: Implementation of a Collaborative CAD/CAPP/CAM System for E-Manufacturing Through the Internet. In: *The 38th CIRP – International Seminar on Manufacturing Systems*, 2005, Florianópolis-SC.
- Álvares, A. J.; Silva, J. Y.; Correa, M. B.; Ferreira, J. C. E. WebCADbyFeatures: Desenvolvimento de um CAD baseado em Features para Projeto de Peças Cilíndricas via Internet.
- Álvares, A.J., Uma Metodologia para Integração CAD/CAPP/CAM voltada para Manufatura Remota de Peças Rotacionais baseadas na Internet, Tese de Doutorado, Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- Bronsvoort, Willem F.; Jansen, Frederik W. Multi-View Feature Modelling for Design and Assembly. In: SHAH, Jami J.; MÄNTYLÄ, Martti; NAU, Dana S. *Advances in Feature Based Manufacturing*. Amsterdam : ELSEVIER, 1994. p.107-128.
- Cay, F. e Chassapis, C., 1997, An IT view on perspectives of computer aided process planning research, *Computers in Industry*, 34, pp. 307-337.
- Chang, T.C., Wysk R.A. e Wang, H.P., 1998, *Computer Aided Manufacturing*, Prentice Hall International Series in Industrial and Systems Engineering, W.J. Fabrycky e J.H. Mize (eds.), 2ns Edition, 1998.
- Chung, C., Peng, Q., The selection of tools and machines on web-based manufacturing environments, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Volume 44, Issues 2-3, February 2004, Pages 317-326.
- Detand J., A computer aided process planning system generating non-linear process plans, Catholic University of Leuven, Belgium, PhD thesis, 1993.
- Erickson, R. E., 1988, The state of the art in computer aided process planning, CAM-I report.
- Erve A.H. van 't, Computer Aided Process Planning for Part Manufacturing, an expert system approach, PhD thesis, University of Twente, 1988.
- Ferreira J. C. E., Wysk, R. A., An Investigation of the Influence of Alternative Process Plans on Equipment Control, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol.19/N.6, 2001, 393-406.

- Giusti, F., Santochi M., Dini, G., 1989, KAPLAN: a Knowledge-Based Approach to Process Planning of Rotational Parts, *Annals CIRP*, Vol. 38, pp. 481-484.
- Groover, M. *Automation, Production System, and Computer Integrated Manufacturing*, 1987, Prentice Hall.
- Halevi, G. e Weill, R.D., *Principles of Process Planning: A Logical Approach*, Chapman Hall, 1995.
- Han, J. H. e Requicha, A. A. G., *Modeler-independent Feature Recognition in a Distributed Environment*. *Computer-Aided Design*, 30(6), 453-463, 1998.
- Houten F.J.A.M. van, *PART: a computer aided process planning system*, PhD thesis, University of Twente, Enschede, 1991.
- Huang, Hefeng. *A Generative Process Planning System for Turned Components*. Manchester, 1988. Tese (Doutorado em Fabricação Mecânica-Planejamento de Processos). Manufacturing and Machine Tool Division, Mechanical Engineering.
- Ibrahim, R. N., Kee, P. K., Shrivastava, *Optimisation of tool path geometry for efficient machining*, *J. Mater. Process Technol.*, 4, p. 215-226, 1994.
- Irani, S.A., Koo. H.Y. e Raman, S., 1995, *Feature-based operation sequence generation in CAPP*, *International Journal of Production Research* 33 (1), 1995, pp. 17-39.
- ISO 10303-224, *Industrial Automation Systems and Integration. Product Data Representation and Exchange. Part 224: Application Protocol: Machined Product Definition for Process Planning Using Machining Features*, 1997.
- ISO 1101, *Technical drawings - Geometrical tolerance - Tolerances of form, orientation, location and run-out - Generalities, definitions, symbols, indications on drawings*, 1983.
- ISO 14649 *Data model for Computerized Numerical Controllers - Part 1: Overview and fundamental principles*, Final Draft International Standard, 2003.
- ISO 14649 *Data model for Computerized Numerical Controllers - Part 10: General process data*, Final Draft International Standard, 2003.
- ISO 14649 *Data model for Computerized Numerical Controllers - Part 12: Process Data for Turning*, Draft International Standard, V09 April 2003.

- ISO 6983-1, Numerical control of machines program format and definition address words. Part 1. Data Format for positioning, line and contouring control system, First edition, 1982.
- ISO TC184/WG3 N324 -T7, ISO 10303 - Part 224 Mechanical Product Definition for Process Planning Using Form Features, South Carolina, EUA, 1994.
- Li, W.D., A Web-based service for distributed process planning optimization, *Computers in Industry*, Volume 56, Issue 3, April 2005, Pages 272-288.
- Li, W.D., Ong, S.K., Nee, A.Y.C., A Web-based process planning optimization system for distributed design, *Computer-Aided Design*, Volume 37, Issue 9, August 2005, Pages 921-930.
- Massaropi. E., Masiero, P., Modelagem geométrica e funcional de placas de torno para auxiliar a determinação do fluxo de peças em sistemas produtivos, *Anais Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação - 1 Cobef*, Curitiba, 2001.
- Mayer R. J., Su C. J. , Sun T., et al., ECTOF: a Feature Representation Tecnique for Concurrent Engineering Applications, *Journal of Design and Manufacturing*, vo. 4, no. 1, 1994, 49-65.
- Salomons O.W., Kappert J.H., Slooten F. van, Houten F.J.A.M. van, Kals H.J.J., Computer support in the (re)design of mechanical products, a new approach in feature based design, focusing on the link with CAPP, *IFIP Transactions B-11, Knowledge Based Hybrid Systems*, Mezger I., Bertek P. (eds.), Elsevier Science Publishers B.V. (North Holland), 1993, pp 91-103.
- Salomons, O.W. *Computer Support in the Design of Mechanical Products*. Twente, 1995. Tese (Doutorado em Projeto Mecânico-Ferramentas Computacionais de Suporte). University of Twente.
- Shah J.J., Bhatnagar A.S., Group technology classi_cation from feature-based geometric models, *Manufacturing Review*, Vol.2, No.3, September 1989, 204-213.
- Shah, J. J., Mäntylä, M., *Parametric and Feature-Based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications*, John Wiley Songs Inc, New York, 1995.
- Shah, J.J. e Mäntylä, M., *Advances in Feature Based Manufacturing*, Elsevier, 1994.

- Shah, Jami J., Rogers, Marty T. and Urban, Susan D., Engineering data management: achieving integration through database technology, *Computing and Control Engineering Journal*, june 1993, pp. 119-126.
- Shunmugam, M. S., Mahesh, P. e Reddy, S. V. B., 2002,A method of preliminary planning for rotational components with C-axis features using genetic algorithm, *Computers in Industry*, 1605, pp. 1-19.
- Smith, C. S., *The Manufacturing Advisory Service: Web Based Process and Material Selection*, Tese de Doutorado, Mechanical Engineering, University of California, Berkeley, 1999.
- Sundaram, R. M., 1986,Process Planning and Machining Sequence, *Computers Industrial Engineering*, Vol. 11, 1986, 27-31.
- Tönshoff, H.K., Aurich, J.C., Baum, Th. *Con_gurable Feature-Based CAD/CAPP System*. Proceedings of the IFIP International Conference on Feature Modeling and Recognition in Advanced CAD/CAM Systems. Valenciennes, France, p.757-769, 1994.
- Wang, H.P. e Li, J.K., *Computer-Aided Process Planning*, *Advances in Industrial Engineering*, Vol. 13, Elsevier, 1991.
- Zhang, F., Zhang, Y.F., Nee, A.Y.C., Using genetic algorithms in process planning for job shop machining, *IEEE Transactions on Evolutionary Computations*, Vol. 1, N. 4, November, 1996.