

OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE USINAGEM NO PLANEJAMENTO DE PROCESSOS PARA PEÇAS ROTACIONAIS SIMÉTRICAS E NÃO-SIMÉTRICAS ATRAVÉS DE ALGORITMO GENÉTICO

Matheus Ribeiro Castro, matruskan@gmail.com¹
Alberto José Álvares, alvares@alvarestech.com¹

¹Universidade de Brasília (UnB), Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia (FT), Brasília, DF

Resumo: Este trabalho apresenta o sistema computacional *WebMachining*, voltado para a manufatura eletrônica (e-Mfg) baseado na Web, focando no Planejamento de Processos Auxiliado por Computador (CAPP) mais estruturado e completo permitindo a busca de ferramentas e dados de ferramentas em um banco de dados e a otimização das condições de usinagem através de algoritmo genético, baseado em três critérios de otimização: vida de ferramenta, menor tempo de produção ou menor custo de produção. O sistema *WebMachining* se concentra na fabricação de peças rotacionais concêntricas e não-concêntricas a partir do projeto de uma peça modelada através da tecnologia de features até a sua fabricação, oferecendo um novo paradigma para o desenvolvimento de ambientes integrados CAD/CAPP/CAM. O processo se inicia com a modelagem da peça baseada em features de projeto usando uma ferramenta de CAD (*WebCADbyFeatures*). O modelo de features da peça é utilizado pelo CAPP (*WebCAPP*) para geração do plano de processos com alternativas e para geração do programa NC. O CAPP permite ainda a escolha das ferramentas disponíveis no banco de dados, dando preferência às ferramentas já montadas na máquina CNC. Após a linearização dos processos, o CAM (*WebTurning*) permite a teleoperação de um centro de torneamento Galaxy 15M via Web para a produção da peça.

Palavras-chave: planejamento de processos, CAPP, algoritmo genético, *Electronic-Manufacturing*

1. INTRODUÇÃO

O rápido desenvolvimento da Internet tornou possível uma comunicação quase instantânea entre pessoas e empresas ao redor do planeta. A evolução da Internet facilitou a troca de informações, agilizou processos e criou novas possibilidades e oportunidades para aumentar a eficiência e diminuir tempos de resposta em diversas áreas. Diversas empresas possuem redes interligadas de computadores, ou contratam empregados de outros países, pode-se comprar produtos e fazer pagamentos sem sair de casa, há máquinas que podem ser controladas à distância.

Diversas áreas da manufatura aproveitaram as vantagens de utilizar a Web para aumentar a produtividade e diminuir custos, e o sistema computacional *WebMachining* (Álvares, 2005; Álvares e Ferreira, 2003a; Álvares e Ferreira, 2003b) contribui para a concepção de um novo paradigma de desenvolvimento de produto colaborativo via Web. O *WebMachining* é um sistema computacional voltado para a manufatura eletrônica (e-Mfg) de peças rotacionais (Álvares, Ferreira e Lorenzo, 2008). Um usuário em qualquer lugar do mundo poderá ter acesso ao *WebMachining* através de um browser e acompanhar o processo de manufatura remota de peças, desde o planejamento até a usinagem.

O *WebMachining* busca permitir a integração das atividades de projeto detalhado colaborativo, planejamento de processos e manufatura, a partir do paradigma de modelagem baseado em síntese por features de projeto (Álvares e Ferreira, 2006a). O processo se inicia usando uma ferramenta de CAD (*WebCADbyFeatures*), com a modelagem da peça baseada em *features* de projeto. O modelo de *features* da peça é utilizado pelo CAPP (*WebCAPP*) para geração do plano de processos com alternativas e para geração do programa NC. O *WebCAPP* auxilia na tomada de decisões de fabricação das peças, considerando-se as ferramentas e dispositivos de fixação disponíveis no sistema de manufatura. Após a linearização dos processos, o CAM (*WebTurning*) permite a teleoperação de um centro de torneamento Galaxy 15M via Web para a produção da peça (Álvares e Ferreira, 2006b).

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem o objetivo de apresentar o módulo *WebCAPP* mais estruturado e completo com a busca de ferramentas em uma base de dados, dando preferência às ferramentas já montadas na torre de ferramentas do centro de

torneamento Galaxy M15, e com a otimização das condições de usinagem por meio de algoritmo genético, procurando alcançar maior produtividade, menores custos ou maior tempo de vida das ferramentas.

3. FUNDAMENTAÇÃO

A partir do paradigma de modelagem baseada em Síntese por features de projeto, o WebMachining permite a integração de atividades de projeto colaborativo (CAD), planejamento de processo (CAPP) e fabricação (CAM Planejamento e CAM execução) utilizando como referência o modelo de features de manufatura definido por Part 224 (ISO 10303-224, 1997). A arquitetura do sistema é dividida em três camadas: Projeto, Planejamento do Processo e Fabricação. Os modelos IDEFs (Metodologia de Modelagem Funcional e de Informação) podem ser obtidos em <http://webmachining.alvarestech.com> e em Álvares e Ferreira (2003a).

3.1. WebCADbyFeatures

O primeiro módulo atua como ferramenta CAD colaborativa baseada em features e é denominado WebCADbyFeatures (Fig. 1). Neste módulo, o usuário constrói o modelo de *features* da peça escolhendo classes de features disponíveis em uma biblioteca de *features*. A partir dele é criado o modelo geométrico da peça, que pode ser visualizado em 2D ou em 3D/Vrml.

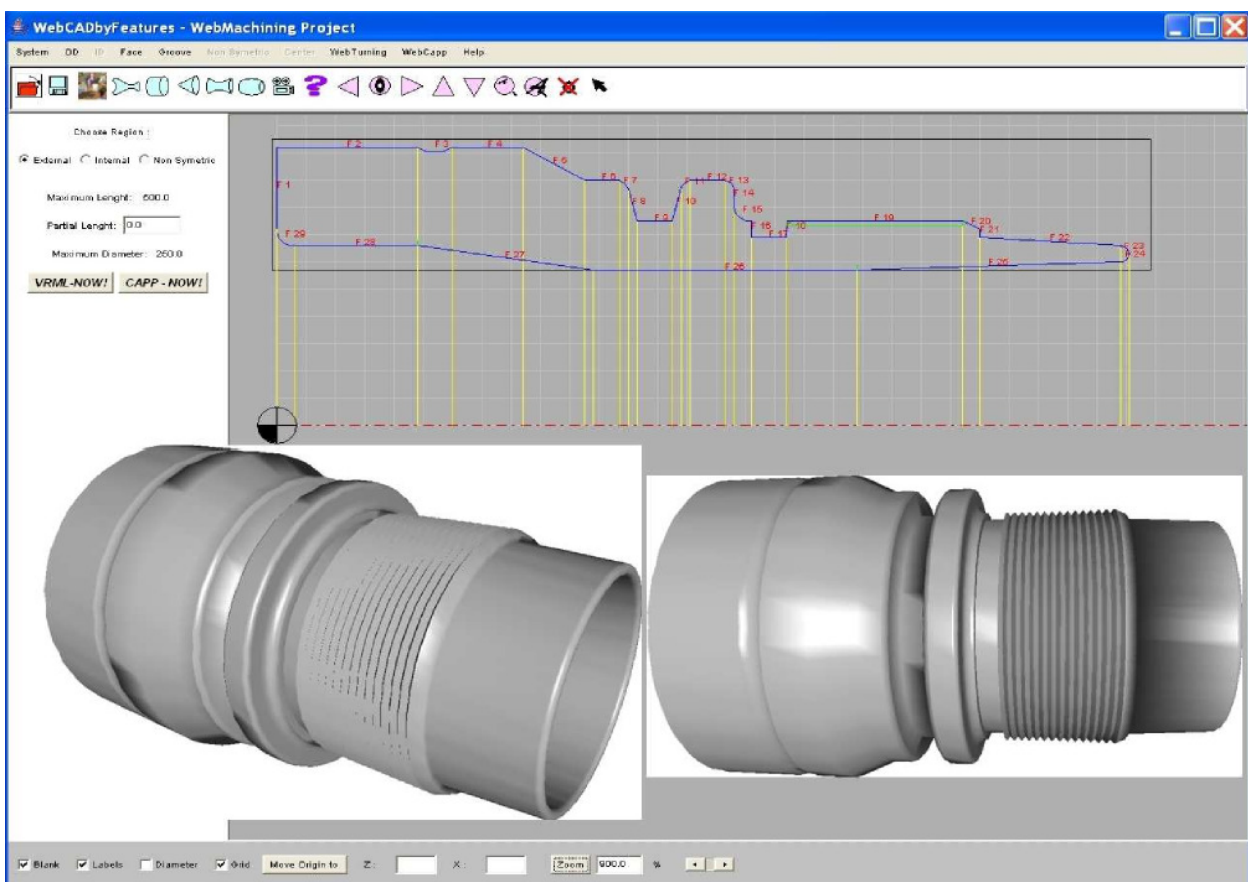


Figura 1. WebCADbyFeatures.

3.2. WebCAPP

O segundo módulo, denominado WebCAPP, incorpora características de um CAPP generativo, interpreta as definições de projeto e determina como fabricar a peça usando o módulo de fabricação. O WebCAPP mapea as features de projeto para features de manufatura, determina as operações de usinagem que podem produzi-las e define uma seqüência de operações de usinagem com alternativas (Fig. 2). Essa seqüência de operações de usinagem é apresentada em forma de grafo E/OU de Workingsteps, que são conjuntos de informações de usinagem (Fig. 3).

Em seguida, são determinadas as ferramentas de corte, com a busca em um banco de dados, são calculados os tempos e os custos para cada Workingstep e são determinadas as condições tecnológicas otimizadas, utilizando algoritmos genéticos. O plano de processos não-linear é linearizado e é gerado o programa NC (ISO 6983) (Fig. 4). Ao fim, são gerados relatórios e o plano de processo.

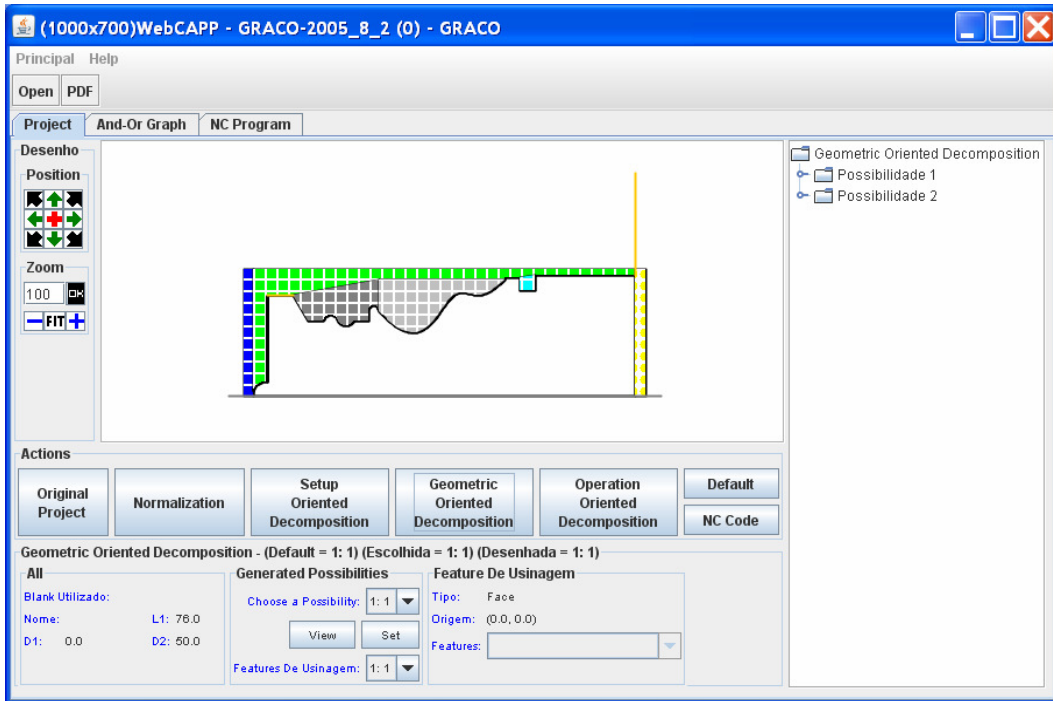


Figura 2. Mapeamento de features no WebCAPP.

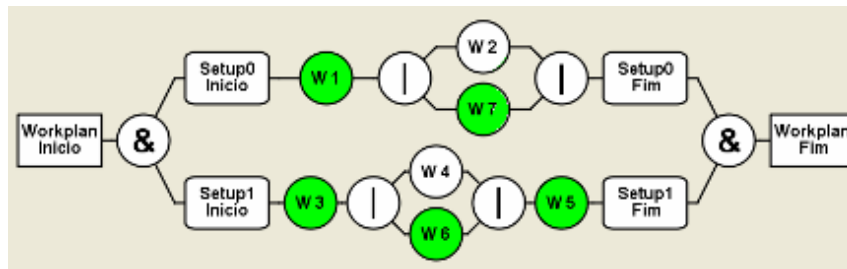


Figura 3. Grafo E/OU de Workingsteps.

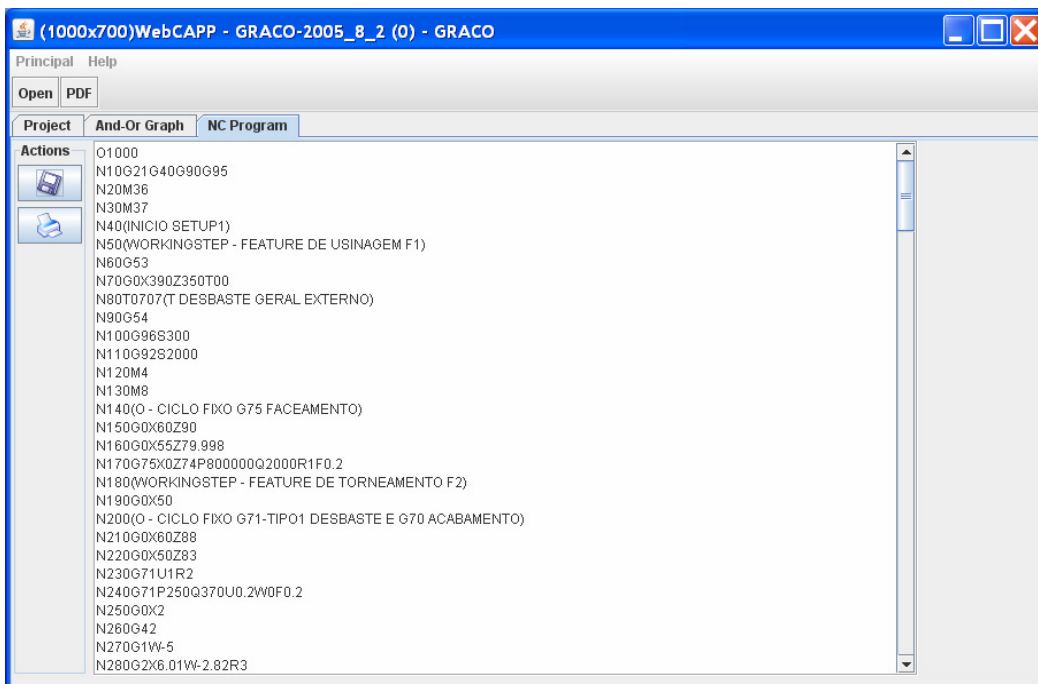


Figura 4. Geração do programa NC.

3.3. WebTurning

O módulo de fabricação, o WebTurning, recebe o programa CNC gerado pelo módulo WebCAPP e permite a teleoperação da máquina de comando numérico via Internet e a monitoração do processo de usinagem através de streaming de vídeo e áudio (Fig. 5).

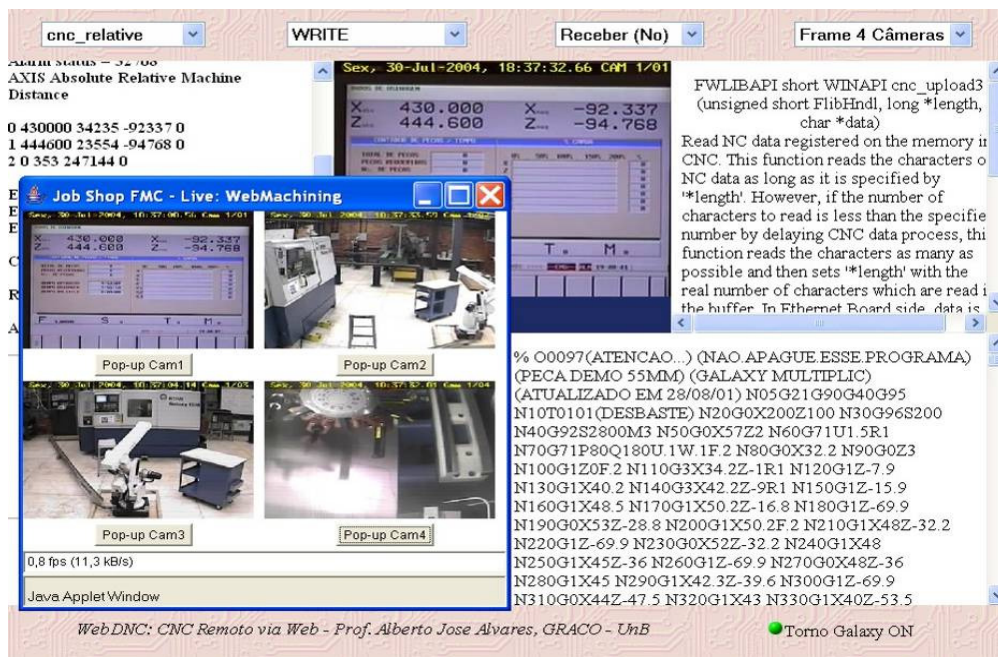


Figura 5. WebTurning, teleoperação e monitoramento remoto do centro de torneamento Galaxy M15.

4. METODOLOGIA

O módulo WebCAPP, para auxiliar na tomada de decisões de fabricação das peças, mostra para cada feature de usinagem as alternativas de operação de usinagem, em um grafo E/OU de Workingsteps. Em seguida, realiza uma busca de ferramentas em uma base de dados, calcula os tempos e custos de cada Workingstep e determina as condições tecnológicas otimizadas para a fabricação.

4.1. O WebCAPP e a Busca de Ferramentas em uma Base de Dados

Após a geração do grafo E/OU de Workingsteps, uma pesquisa das ferramentas de corte a serem selecionadas para cada feature de usinagem que compõe a peça é realizada. A seleção, baseada no material a ser usinado e no tipo de operação de usinagem associada às features de usinagem, se inicia com a determinação dos porta-ferramentas compatíveis e da pastilhas associadas. Monta-se então uma tabela relacionando as features de usinagem às alternativas de ferramentas a serem utilizadas e determina-se a geometria necessária para a ferramenta associada ao porta-ferramenta. Com esses dados, faz-se uma pesquisa à base de dados de ferramentas, buscando as ferramentas disponíveis ou os conjuntos pastilhas/porta-ferramentas mais adequados que poderão ser utilizados, dando preferência para aquelas ferramentas que já estejam montadas na torre de ferramentas da máquina.

O WebCAPP realiza buscas de ferramentas de torneamento, sangramento e rosqueamento. Os dados associados às pastilhas de corte e porta-ferramentas são armazenados em uma base de dados relacional, e a pesquisa é realizada utilizando-se a linguagem SQL.

4.2. O WebCAPP e a Otimização das Condições de Usinagem Através de Algoritmo Genético

Após a busca de ferramentas, são calculados os tempos e os custos para cada Workingstep, para que sejam determinadas as condições tecnológicas otimizadas utilizando algoritmos genéticos.

Primeiro, obtêm-se as condições de usinagem possíveis para cada Workingstep referente à ferramenta escolhida. As condições são obtidas diretamente da base de dados de ferramentas da Sandvik Coromant (Sandvik Coromant www.coroguide.com), através de uma consulta a essa base de dados via formulário HTML, contendo os parâmetros necessários para obter as informações (<http://www.coroguide.com/CuttingDataModule/CDMMMainMenu.asp>).

Seguindo o modelo multi-passe, onde a área a ser retirada é dividida em n-1 passes de desbaste e um passe de acabamento, calcula-se o tempo necessário para realizar cada passe a partir de um modelo matemático de tempos para cada operação de usinagem. Cada operação de usinagem terá a princípio duas funções objetivo, uma baseada no menor

custo de produção e a segunda baseada na maior taxa de produção. Pode-se trabalhar com a vida de ferramenta fixa, quando o custo e tempo não forem priorizados.

O modelo para cálculo de tempos de usinagem consiste em, para cada passe de usinagem, calcular o tempo de usinagem associado e depôs somá-los para achar o tempo total de usinagem. Para facilitar os cálculos, o tempo para cada condição de usinagem de desbaste é baseado na área de usinagem (2D) total a ser removida com profundidade de corte constante para os passes de desbaste, como mostra a Eq. (1).

$$t = \frac{A}{N \cdot a_p \cdot f} \cdot 60 \quad (1)$$

t = tempo associado ao passe [s]

A = área de usinagem total associada a ser removida na operação [mm²]

N = rotação da árvore [rpm]

a_p = profundidade de corte de um único passe [mm]

f = avanço [mm/rot]

Para o passe de acabamento, o tempo é associado ao comprimento total de corte.

Em seguida, todos os tempos são somados e acrescentam-se os tempos secundários, estimados em 5% do tempo principal de usinagem, associados aos deslocamentos da ferramenta onde não são realizados cortes (G00).

O processo de otimização das condições de usinagem é dividido em dois estágios. O primeiro estágio consiste na obtenção das condições de usinagem da base de dados de ferramentas da Sandvik Coromant e o cálculo de tempos de usinagem segundo o modelo para cálculo de tempos. No segundo estágio, calcula-se o número de passes de desbaste (n_i), que pode variar em função da profundidade de corte de acabamento definido pela Ineq. (1).

$$\frac{a_p - a_{psL}}{a_{prU}} \leq n_i \leq \frac{a_p - a_{psU}}{a_{prU}} \quad (1)$$

a_p = profundidade total da *feature* de usinagem [mm]

a_{psL} = menor profundidade de corte de acabamento definida no primeiro estágio [mm]

a_{prU} = maior profundidade de corte de desbaste definida [mm]

a_{psU} = maior profundidade de corte de acabamento [mm]

Em seguida, é realizada a otimização baseada em algoritmos genéticos para determinar o número ótimo de passes de desbaste, a profundidade de corte para cada passe de desbaste e a profundidade de corte para o passe de acabamento, necessários para conseguir o mínimo tempo ou custo de produção.

O algoritmo genético (GA) é um processo de otimização e busca baseado nos processos de seleção natural e evolução de espécies. No WebCAPP, o algoritmo genético utiliza as condições de usinagem buscadas na base de dados e, por meio da simulação de uma seleção natural, oferece opções de profundidades de corte otimizadas para a operação.

O algoritmo genético inicia-se com um conjunto de profundidade de corte com n+1 passes escolhidos de forma aleatória dos passes individuais de desbaste e acabamento obtidos no primeiro estágio. A coleção de n+1 passes, referentes aos n passes de desbaste e um passe de acabamento, é denominado cromossomo, ou string.

A cada cromossomo é atribuído um valor chamado fitness, que diz a capacidade do cromossomo de sobreviver e é definido pela função objetivo. Se o objetivo for maior produtividade, por exemplo, os cromossomos que indicarem condições de usinagem com menores tempos associados serão mais aptos e receberão um valor de fitness maior.

A geração inicial é formada por 10 cromossomos. Os cromossomos com maior valor de fitness serão selecionados, em detrimento dos outros cromossomos. Essa seleção se dará pelo método da amostragem estocástica universal, ou método da roleta. Nesse método, os cromossomos são representados em um gráfico de pizza onde cada fatia é proporcional ao valor de fitness de um cromossomo (Fig. 6), e marcadores igualmente espaçados na roleta sofrem um único giro para escolher quais cromossomos farão parte da próxima geração. Assim, quanto maior o valor de fitness de um cromossomo, maiores são as chances de um cromossomo aparecer em maior número na próxima geração.

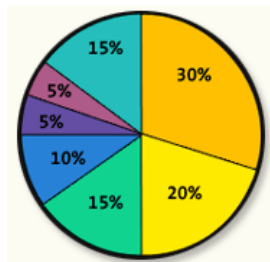


Figura 6. Exemplo de gráfico de pizza para o método da amostragem estocástica universal.

Após a seleção, pode ocorrer troca de seções entre alguns pares de cromossomos (Fig. 7). Essa recombinação, ou crossover, ocorre com 80% de probabilidade, isto é, 8 indivíduos serão selecionados para recombinação.

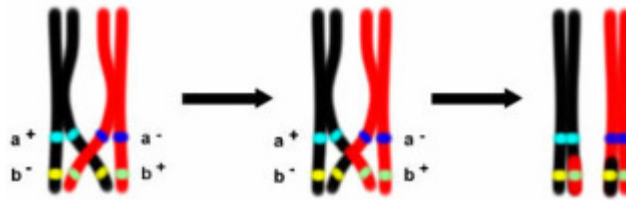


Figura 7. Exemplo de crossover entre cromossomos de mamíferos.

Outro operador que pode agir sobre a população é a mutação, ou seja, uma modificação randômica de parte de algum cromossomo. Utiliza-se a probabilidade de mutação de 20%.

Depois da atuação desses três operadores sobre a população de uma geração (reprodução, crossover e mutação), há a necessidade de um ajuste nos cromossomos. Cada cromossomo deve respeitar as seguintes restrições:

- possuir n passes de desbaste e um passe de acabamento;
- as profundidades de corte e desbaste e acabamento devem estar contidas nos limites de profundidade de desbaste e acabamento definidos pelo sistema/usuário;
- a soma das profundidades de corte dos n+1 passes deve ser igual à profundidade total de material a ser removido da feature de usinagem.

O algoritmo gera 100 gerações para obtenção do ótimo global.

5. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Figura (8) mostra um exemplo de resultado de busca de ferramentas para o Workingstep de torneamento externo. O campo Ferramentas permite a escolha da ferramenta de desbaste e da ferramenta de acabamento. Logo abaixo são mostradas as características das duas ferramentas escolhidas.

Operação: Torneamento Externo
Feature: Bloco Externo

Ferramentas

2. VBMT 16 04 08 - MM 2025
1. VBMT 16 04 08 - MM 2025

CUT-IN: 50.0
CUT-OUT: 93.0
COMP. SUPORTE: 125
MIN. AP: 0.5
MAX. AP: 2.7
MIN. FN: 0.09
MAX. FN: 0.27
LARGURA SUPORTE: 20
NUM. MAGAZINE: 7
NUM. COMPENSACAO: 7
DESCRICAO: teste

Opções
 Tempo
 Vida
 Custo

Buscar tecnologias Realizar Algoritmo Genético

Ferramenta Desbaste	Ferramenta Acabamento
CODIGO PASTILHA: VBMT 16 04 08 - MM 2025	CODIGO PASTILHA: VBMT 16 04 08 - MM 2025
CODIGO SUPORTE: SVJBL2020K16	CODIGO SUPORTE: SVJBL2020K16
CLASSE: 2025	CLASSE: 2025
FORMATO PASTILHA: V	FORMATO PASTILHA: V
DIRECAO AVANCO: L	DIRECAO AVANCO: L
ANGULO PONTA: 35	ANGULO PONTA: 35
RAIO PONTA: 0.8	RAIO PONTA: 0.8
ESPESSURA PASTILHA: 4.76	ESPESSURA PASTILHA: 4.76
COMP. ARESTA CORTE: 16	COMP. ARESTA CORTE: 16
CUT-IN: 50.0	CUT-IN: 50.0
CUT-OUT: 93.0	CUT-OUT: 93.0
COMP. SUPORTE: 125	COMP. SUPORTE: 125

Figura 8. O campo Ferramentas permite a escolha das ferramentas e logo abaixo são mostradas as características das ferramentas escolhidas.

Assim, é possível um planejamento maior por parte do projetista, que pode escolher as ferramentas com as quais serão feitos o desbaste e o acabamento, permitindo a ele escolher as ferramentas já montadas para poupar tempo, se isso não interferir negativamente na produção da peça.

A Figura (9) mostra o resultado do primeiro estágio do processo de otimização, com as condições de usinagem obtidas na base de dados de ferramentas da Sandvik Coromant e os tempos de usinagem calculados. Ao clicar em “Realizar Algoritmo Genético”, inicia-se o segundo estágio do processo de otimização (Fig. 10), começando com o cálculo do número de passes de desbaste e a formação da população inicial. É possível ver também cada população e os resultados dos operadores de reprodução (Fig.11). Pode-se ver o que ocorre a cada geração ou simplesmente pedir a população resultante da última geração do algoritmo genético usando os botões na parte de baixo da tela de Algoritmo Genético.

O projetista saberá o tempo estimado para a remoção de material e estudantes poderão acompanhar, geração a geração, a formação das populações e o resultado dos operadores de reprodução no algoritmo genético, e perceber as vantagens do algoritmo genético como ferramenta de otimização.

Operação: Torneamento Externo
Feature: Bloco Externo

DESCRICO: teste

Buscar tecnologias

Realizar Algoritmo Genético

Primeiro Estágio

Desbaste					
a_p (mm)	V_c (m/min)	f (mm/rot)	Tempo usinagem (s)	Ra (μ m)	Tempo Vida (min)
0.5	215	0.27	3.29	2.36	15.0
0.6	215	0.27	2.742	2.36	15.0
0.7	215	0.27	2.35	2.36	15.0
0.8	210	0.27	2.056	2.36	15.0
0.9	210	0.27	1.828	2.36	15.0
1.0	210	0.27	1.645	2.36	15.0
1.1	210	0.27	1.496	2.36	15.0
1.2	210	0.27	1.371	2.36	15.0
1.3	210	0.27	1.266	2.36	15.0
1.4	210	0.27	1.175	2.36	15.0

Figura 9. Exemplo de resultado do primeiro estágio do processo de otimização, com as condições de usinagem para diversas profundidades e os tempos de usinagem calculados para cada condição.

Algoritmo Genético

Segundo Estágio
 $(18.75 - 1.5)/1.5 \leq n \leq (18.75 - 0.5)/1.5$
 $11.5 \leq n \leq 12.2$
 $n = 12$

Tabela de possibilidades de a_{ps} e a_{pr}

a_{ps} (m)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	0.5	0.6	0.7
a_{pr} (m)	1.521	1.513	1.504	1.496	1.488	1.479	1.471	1.463	1.454	1.446	1.438	1.521	1.513	1.504	1.496	1.488	1.479	1.471	1.463	1.454	1.446	1.438	1.521	1.513	1.504

População inicial

Cromossomo 1	1.521, 1.521, 1.521, 1.521, 1.521, 1.521, 1.521, 1.521, 1.521, 1.521, 1.521, 1.521, 1.521, 1.521, 0.5
Cromossomo 2	1.513, 1.513, 1.513, 1.513, 1.513, 1.513, 1.513, 1.513, 1.513, 1.513, 1.513, 1.513, 1.513, 1.513, 0.6
Cromossomo 3	1.504, 1.504, 1.504, 1.504, 1.504, 1.504, 1.504, 1.504, 1.504, 1.504, 1.504, 1.504, 1.504, 1.504, 0.7
Cromossomo 4	1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 0.8
Cromossomo 5	1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 0.9
Cromossomo 6	1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.0
Cromossomo 7	1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.1
Cromossomo 8	1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.2
Cromossomo 9	1.454, 1.454, 1.454, 1.454, 1.454, 1.454, 1.454, 1.454, 1.454, 1.454, 1.454, 1.454, 1.454, 1.454, 1.3
Cromossomo 10	1.446, 1.446, 1.446, 1.446, 1.446, 1.446, 1.446, 1.446, 1.446, 1.446, 1.446, 1.446, 1.446, 1.446, 1.4

Próxima Geração

Última Geração

Figura 10. Segundo estágio do processo de otimização, começando com o cálculo do número de passes e a população inicial.

Operadores de Reprodução

n°	Cromossomo	Crossover				Mutação		
	Cromossomo	Crossover...	...com:	Local	Resultado	Sofre mutação?	Local	Resultado
1	1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 0.8	Sim	2	2	1.496, 1.496, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 0.9	Não		1.496, 1.496, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 0.9
2	1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 1.488, 0.9	Sim	1	2	1.488, 1.488, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 0.8	Não		1.488, 1.488, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 1.496, 0.8
3	1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.0	Não			1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.0	Não		1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.479, 1.0
4	1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.1	Sim	5	6	1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.1	Não		1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.1
5	1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.1	Sim	4	1	1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.1	Não		1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.471, 1.1
6	1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.2	Sim	8	8	1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.3	Não		1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.463, 1.3

Próxima Geração Última Geração

Figura 11. Segundo estágio do processo de otimização mostrando os operadores de reprodução.

6. TRABALHOS FUTUROS

O WebCAPP oferece um plano de processos não-linear para a fabricação de peças. Futuramente, oferecerá um plano de processos linearizado e otimizado por meio de algoritmos genéticos para a diminuição de custos e tempos de produção.

Além dessa funcionalidade, deverá ser incluída a geração de relatórios em formato pdf para melhorar a documentação do plano de processos e sua apresentação para o usuário.

Haverá ainda a busca por ferramentas de furação, recartilhamento, alargamento, rosqueamento, fresamento e escareamento na base de dados, e uma revisão da interface gráfica para melhorar a interação do usuário com o sistema WebMachining e suas novas funcionalidades.

Por fim, há a possibilidade de aperfeiçoar o WebMachining para gerar o código G para tornos de outros fabricantes, integrando o sistema a outros sistemas de fabricação e permitindo haver máquinas alternativas, ou para que sua metodologia seja aplicada a outros propósitos, associando-a às técnicas de prototipagem rápida para a medicina reconstrutora de traumas na face ou prótese de membros, por exemplo.

7. CONCLUSÕES

O WebMachining é um sistema computacional que oferece um novo paradigma de integração CAD/CAPP/CAM voltado para a manufatura eletrônica de peças rotacionais via Web. A integração entre atividades de projeto, planejamento de processos e fabricação é realizada através da modelagem por features, e as funcionalidades associadas à teleoperação via Web da máquina-ferramenta CNC completa a interação com o chão-de-fábrica.

Esse sistema permite que pessoas acompanhem todo o processo de produção independentemente de sua plataforma computacional, desde a modelagem até a fabricação da peça, de qualquer lugar do mundo a partir de um navegador, sem ter os materiais ou os equipamentos necessários. Da mesma forma, o Ensino à Distância também se torna possível, e estudantes de outras cidades podem aprender assuntos importantes do ponto de vista tecnológico, mesmo que a instituição de ensino à qual estejam matriculados não possua os equipamentos.

O WebMachining pode ser dividido em três camadas: o módulo de projeto, também chamado de WebCADbyFeatures; o módulo de planejamento do processo, chamado de WebCAPP, e; o módulo de fabricação, chamado de WebTurning.

O WebCAPP serve de elo de ligação entre o projeto e a fabricação de uma peça, auxiliando na decisão das opções de fabricação da peça. O auxílio se torna ainda mais profundo com a busca de ferramentas e dados de ferramentas em uma base de dados relacional, fornecendo mais opções ao projetista, e com a otimização das condições de usinagem através de algoritmo genético para redução do tempo de produção, do custo de produção ou da vida das ferramentas. Assim, o WebCAPP se apresenta mais maduro no contexto da manufatura eletrônica (e-Mfg) e mais preparado para ser utilizado no ensino à distância.

8. REFERÊNCIAS

Álvares, A.J. e Ferreira, J.C.E., 2003a, "Uma Metodologia para Integração CAD/CAPP/CAM Voltada para Manufatura Remota de Peças Rotacionais Via Web", 2º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF), Uberlândia, MG, 18 a 21 de maio.

- Álvares, A.J. e Ferreira, J.C.E., 2003b, "Metodologia para Implantação de Laboratórios Remotos Via Internet na Área de Automação da Manufatura", 2º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF), Uberlândia, MG, 18 a 21 de maio.
- Álvares, A.J., 2005, "Uma Metodologia para Integração CAD/CAPP/CAM Voltada para Manufatura Remota de Peças Rotacionais Baseada na Internet", Tese Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Florianópolis.
- Álvares, A. J. e Ferreira, J. C. E. ; Lorenzo, R. 2008. "An Integrated Web-Based CAD/CAPP/CAM System for the Remote Design and Manufacture of Feature-Based Cylindrical Parts. Journal of Intelligent Manufacturing", v. 19, p. 35-39, 2008.
- Álvares, A. J. e Ferreira, J. C. E. 2006a. "A System for the Design and Manufacture of Feature-Based Parts Through the Internet. International Journal of Advanced Manufacturing Technology", v. 1007, p. 1433-3015, 2006
- Álvares, A. J. e Ferreira, J. C. E. 2006b. "Webturning: Teleoperation of a CNC Turning Center Through the Internet". Journal of Materials Processing Technology, Irlanda, in Press, 2006, v. 179, n. Elsevier, p. 251-259, 2006.
- 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.

MACHINE-MAKING CONDITIONS OPTIMIZATION IN PROCESS PLANNING FOR SYMMETRICAL AND NON-SYMMETRICAL ROTATIONAL PARTS BY GENETIC ALGORITHM

Matheus Ribeiro Castro, matruskan@gmail.com¹
Alberto José Álvares, alvares@alvarestech.com¹

¹University of Brasilia (UnB), Department of Mechanical Engineering, Faculty of Technology (FT), Brasilia, DF

Abstract: *This work presents the WebMachining computer system, for Electronic-Manufacturing (e-Mfg) based on the Web, focusing on the Computer Aided Process Planning (CAPP) more structured and complete enabling the search for tools and data tools in a database and the optimization of machine-making conditions by genetic algorithm, based on three optimization criteria: life of tools, less production time, or lower production cost. The WebMachining system consists of manufacturing of concentric and non-concentric rotational parts from project of a part modeled through technology of features to its manufacturing, offering a new paradigm for the development of CAD/CAPP/CAM integrated environments. The process begins with the part modeling based on project features using a CAD tool (WebCADbyFeatures). The features model of the part is used by CAPP (WebCAPP) to generate a process plan with alternatives and to generate the NC program. The CAPP also allows the choice of tools available in the database, giving preference to the tools already assembled in the CNC machine. After linearization of processes, the CAM (WebTurning) allows Web teleoperation of a Galaxy 15M turning centre for manufacturing of the part.*

Keywords: *process planning, CAPP, genetic algorithm, Electronic-Manufacturing*