

FUNÇÃO CAD/CAM PARA FRESAMENTO DE CAVIDADES IRREGULARES PREVENDO FORMAÇÃO DE ILHAS

Alexandre Dias da Silva

Universidade Federal de Santa Maria, adiass@smail.ufsm.br

Julio Cezar Bevilacqua

Universidade Federal de Santa Maria, julioengenheiro@yahoo.com.br

Resumo. *Esse trabalho apresenta uma metodologia para gerar automaticamente o caminho da ferramenta na usinagem de cavidades irregulares. A técnica proposta foi implementada na forma de aplicativo de um sistema CAD. Trajetórias de desbaste são determinadas por linhas equidistantes ao contorno através do recurso do CAD para esse fim (comando offset). O sistema prevê a formação de ilhas de usinagem durante o processamento, ou seja, quando um estrangulamento do offset forma duas ou mais entidades geométricas distintas. A técnica aplicada utiliza recursos do CAD para o desenvolvimento de funções de integração CAD/CAM.*

Palavras-chave: usinagem, CAD/CAM, comando numérico.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de equipamentos programáveis em processos de fabricação tem como objetivo aumentar a flexibilidade do sistema produtivo. Nessas máquinas são empregados computadores dedicados que têm a função principal de executar um programa contendo a sequência desejada de operações através do controle dos movimentos e ações dos dispositivos atuadores do equipamento. A flexibilidade do processo é definida pela facilidade de adaptação da máquina ao produto. Se ferramentas adequadas estão disponíveis, a simples substituição do programa atual pelo correspondente a uma nova tarefa proporciona uma rápida resposta do processo quanto à alteração das operações. Em trabalhos de usinagem, essas características são obtidas com máquinas-ferramenta de comando numérico computadorizado (CNC) que, por decorrência de sua versatilidade, são aplicadas para fabricação de peças em pequenos e médios lotes (MACHADO, 2001). Para gerar a sequência de usinagem nestes equipamentos, uma alternativa eficiente é a aplicação de sofisticados pacotes computacionais, conhecidos como sistemas CAD/CAM (sigla em inglês para *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*). Porém, para pequenas ou micro empresas, estes programas representam altos custos e requerem operador especializado para o seu manuseio. Uma alternativa aos usuários de máquinas CNC à utilização desses sistemas é investir no desenvolvimento de rotinas para executar funções específicas de integração CAD/CAM.

Na usinagem de cavidades em peças prismáticas por fresamento, operações de desbaste e acabamento são necessárias. Para o desbaste, a trajetória da ferramenta pode ser definida por diferentes procedimentos como o caminho em ziguezague e trajetórias equidistantes ao contorno (usinagem offset); (De OLIVEIRA, 2003). Essa última tem a vantagem de maior estabilidade do processo, pois o método de corte é sempre concordante ou discordante. Além disso, por esse procedimento, evita-se a necessidade de remoção das saliências deixadas pela ferramenta nas mudanças de direção. Porém, para contornos irregulares, pode ocorrer a formação de ilhas, quando há um estrangulamento da linha do *offset*. Isso significa que duas ou mais regiões independentes são formadas, quebrando a continuidade do caminho da ferramenta. O objetivo deste trabalho é

apresentar uma metodologia para determinar o caminho da ferramenta de corte em operações de desbaste para o fresamento de cavidades irregulares, prevendo a formação de ilhas.

2. METODOLOGIA

Compiladores de linguagens computacionais são módulos contidos em plataformas de sistemas CAD (sigla em inglês para *Computer Aided Design*), que possibilitam aos usuários o desenvolvimento de rotinas de cálculos ou processamento geométrico (Groover, 2000; Nanfara, Uccello, Murphy, 1999). A utilização adequada dessas ferramentas pode aumentar de forma significativa o desempenho do sistema para aplicações específicas. Nesse trabalho, esse recurso foi utilizado para implementar o método proposto de geração do caminho da ferramenta. A metodologia proposta por (Gaál, 1999), utiliza a aplicação de funções da linguagem de programação AutoLISP, que permitem ler o banco de dados do desenho e aplicar comandos do ambiente CAD em que trabalha.

O programa desenvolvido solicita, como dados de entrada, a entidade, a profundidade de corte (total), profundidade de corte da ferramenta, o diâmetro da ferramenta, a largura de corte no acabamento e a largura de corte no desbaste e o plano de recuo (posição de deslocamento da ferramenta em avanço rápido). A rotina está inserida em um sistema ampliado que engloba outros módulos de funções CAD/CAM (Da Silva, Souza, 2003; Da Silva, Corrêa, 2002; Da Silva, Mezzomo, 2002), conforme mostra o quadro de diálogo da Fig (1). Após o preenchimento do quadro de diálogo (PEREIRA, 2003), com as informações necessárias no próprio ambiente CAD, uma mensagem solicita ao usuário o perfil da cavidade (Fig. 1).

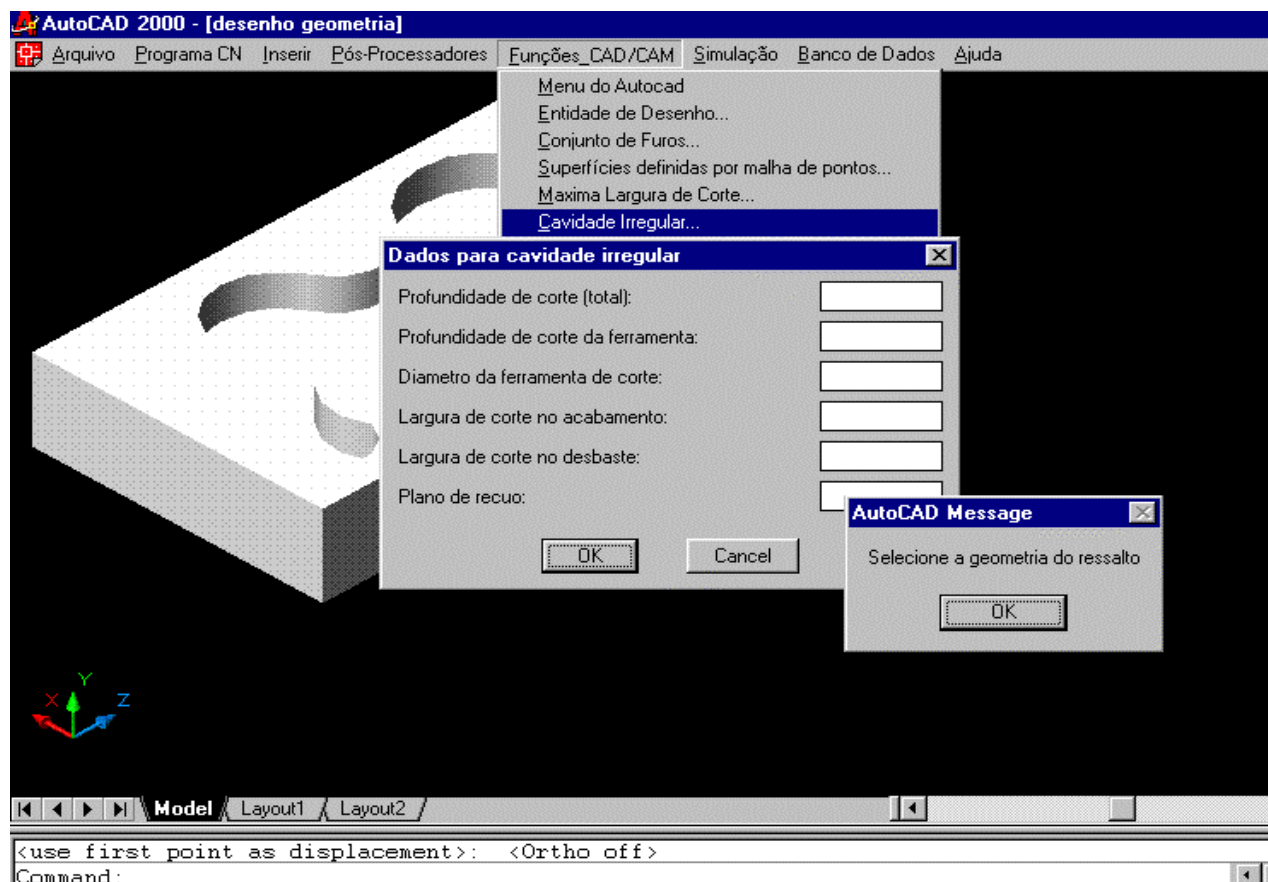


Figura 1. Quadro de diálogo para entrada de dados

Os dados referentes ao caminho da ferramenta são obtidos na sequência inversa de usinagem. Assim, a partir da entidade selecionada, executa-se inicialmente o comando *offset* usando como parâmetro de distância, o raio R da ferramenta, para gerar o passe de acabamento (Fig. 2).

Na sequência, a entidade gerada (passe de acabamento) é desmembrada (comando *explode*) nos segmentos de arcos e retas que a compõem. Com o acesso ao banco de dados de cada segmento, forma-se uma lista de suas coordenadas que irão constituir a trajetória da ferramenta de corte e que posteriormente será convertida nos blocos de movimentos do programa CN, na forma de um arquivo texto. Após esse processamento, a entidade que serviu de referência para o *offset* (linha do perfil) é eliminada do desenho.

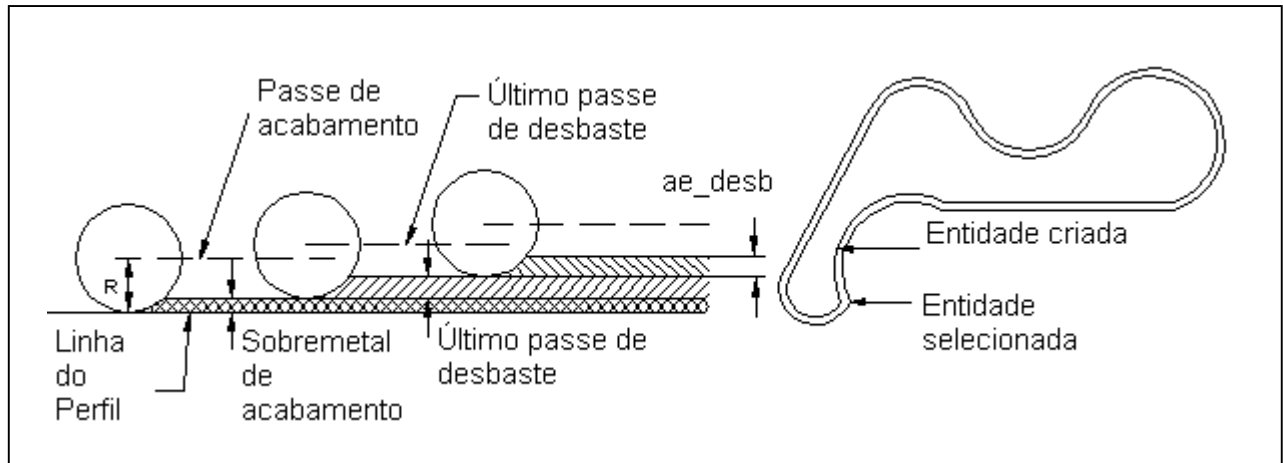


Figura 2. Criação da entidade de acabamento

A próxima entidade a ser criada no desenho deve representar o último passe de desbaste, que é obtido com um novo *offset* a partir da linha do passe de acabamento, com distância igual à largura de acabamento.

Concluída estas etapas, o processo repetirá estas mesmas operações para os passes consecutivos de desbaste, com a distância de cada *offset* definida pela largura de desbaste (*ae_desb*). Para a geometria do exemplo, a formação de ilhas ocorre no próximo *offset* (Fig. 3), onde o resultado desse comando gera duas diferentes entidades de desenho.

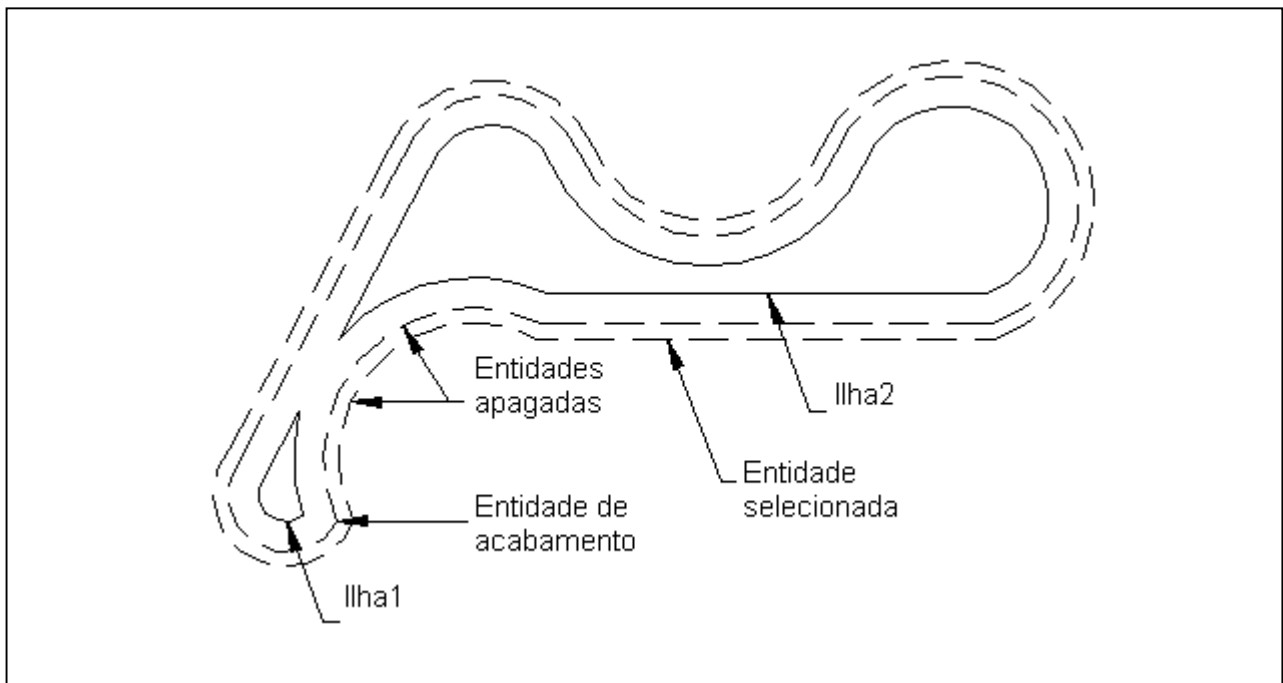


Figura 3 – Formação de ilhas e aplicação do comando *offset*.

O processo retirará, inicialmente, as coordenadas apenas da última entidade desenhada pelo CAD (ilha 2 na Fig. 3) e esta passa a ser a referência para o próximo *offset*, que nesse caso, faz surgir as ilhas 3 e 4 (Fig. 4). Na Fig. (5), observa-se todos os passes da ferramenta de corte.

O processamento consiste em executar o comando de *offset* sempre na última entidade desenhada e eliminá-la do desenho após o seu processamento (obtenção das coordenadas). Como a condição de término do processo é a identificação da impossibilidade de criar novo *offset* e a inexistência de entidades no desenho, o processo volta as ilhas ainda não processadas.

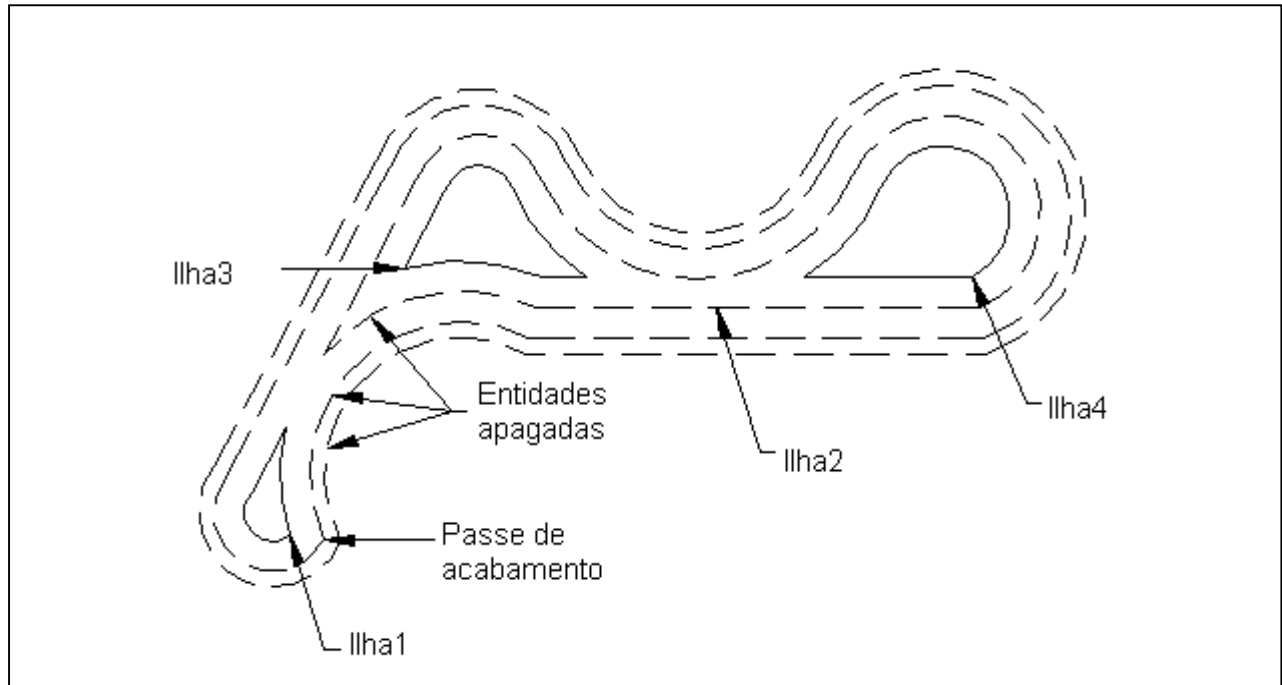


Figura 4. Ilhas remanescentes

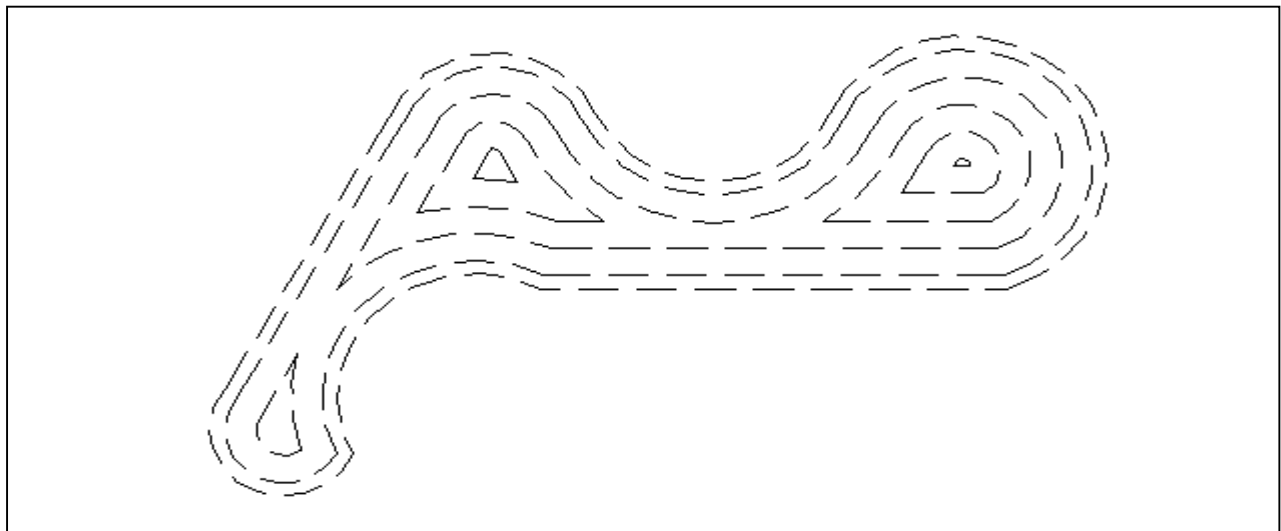


Figura 5. Trajetórias geradas

Dessa forma, para o exemplo, o processo segue obtendo linhas de *offset* para a ilha 4, enquanto as ilhas 1 e 3 permanecem no desenho para serem analisadas posteriormente.

Com este procedimento, todas as trajetórias necessárias da ferramenta de corte estão garantidas, finalmente, a lista de dados contendo os movimentos da ferramenta, é invertida, pois a usinagem é executada em sequência inversa ao processamento (de dentro para fora).

Desta forma, as primeiras trajetórias da ferramenta de corte são de desbaste na ilha 1, posteriormente, são desenvolvidos os demais passes da ferramenta de corte nas ilhas 3 e 4, respectivamente. Somente após à ilha 4 é usinada a ilha 2.

3. RESULTADOS

O desempenho do sistema foi analisado para o perfil de cavidade com a geometria mostrada na Fig (2). A entidade que limita a cavidade é uma linha múltipla (*polyline*) e, portanto, todos os comandos de *offset* também geram linhas múltiplas. Considerando que a última linha do processamento será a primeira na usinagem, o passe de desbaste da ilha 1 estará nos primeiros blocos do programa CN. A Fig (6) mostra o desmembramento da entidade referente à ilha 1, que origina três segmentos. As informações para o caminho da ferramenta estão contidas nestes elementos, que estão salientados na figura.

O primeiro movimento no programa CN (Fig. 7) é o de aproximação para o ponto inicial da usinagem. As coordenadas no plano XY desse ponto (**410.706, 149.816**) aparecem como movimento em avanço rápido (**G0 X 410.706 Y 149.816** → movimento em linha reta da posição que se encontra a ferramenta até o ponto inicial de corte). Esse movimento ocorre na coordenada Z anteriormente definida no programa. Ainda em avanço rápido, a ferramenta se posiciona no eixo Z na altura definida pelo plano de recuo.

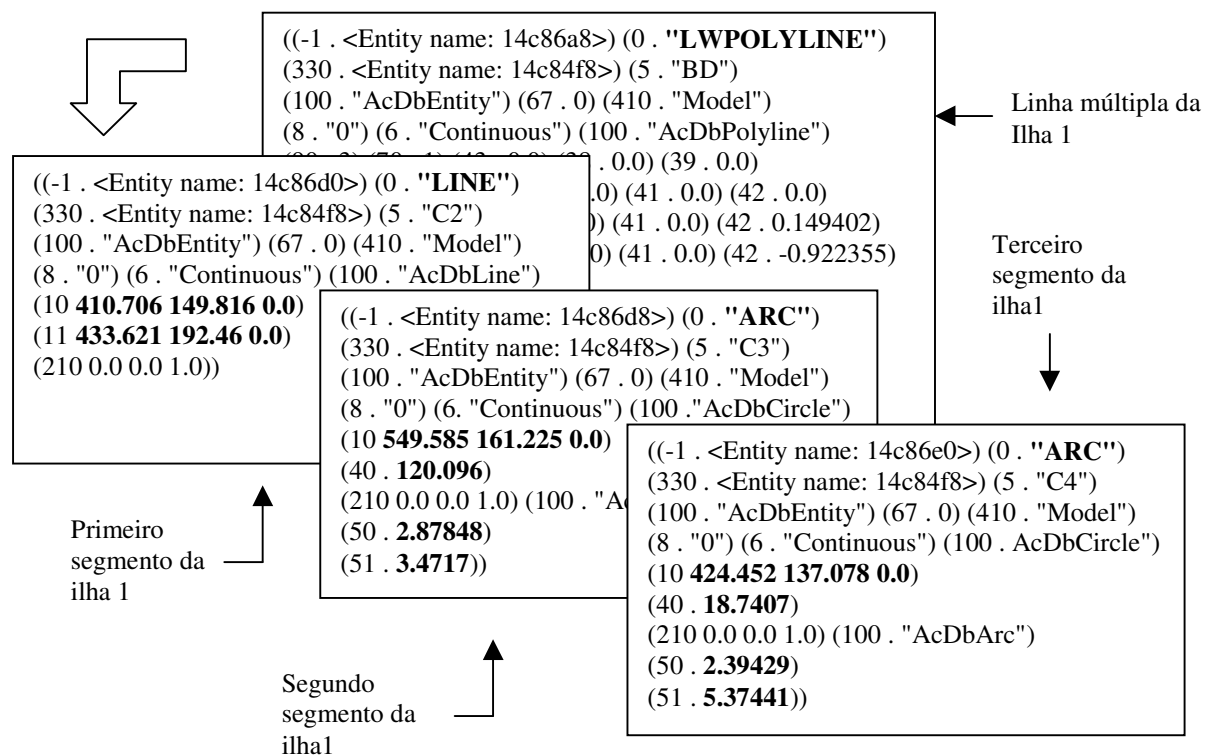


Figura 6. Acesso às entidades do CAD

Na sequência, a ferramenta de corte penetra na peça com avanço programado até a altura correspondente à profundidade de corte da ferramenta (**G1 Z-5.**). Como o primeiro segmento é uma linha (código "*LINE*"), a ferramenta se desloca até a coordenada **433.621, 192.46**. Na sequência, para a segundo segmento da ilha 1 (código "*ARC*"), as informações disponíveis são a coordenada do

centro (**549.585 161.225 0.0**), o raio (**120.096**) e os ângulos do início e fim do arco, respectivamente **2.87848** rad e **3.4717** rad. A partir destes dados, é calculado o ponto final do arco (o inicial é o ponto final da reta). Esses valores formam a interpolação circular para o programa CN (**G3 X435.973 Y122.297 I549.585 J161.225**). O mesmo processamento é realizado para o terceiro segmento da ilha 1.

Após concluir a ilha 1, como ocorre ao término de cada ilha, a ferramenta se movimenta para o plano de recuo (**G0 Z 3.**) e avança para o ponto inicial da próxima ilha em movimento rápido. O processamento se repete até completar todos os passe de usinagem. Quando a profundidade da cavidade é maior que a profundidade de corte da ferramenta, a lista de dados referente aos movimentos da ferramenta é ampliada para desbastar em camadas até atingir a profundidade final.

O sistema foi desenvolvido com os códigos de programação em linguagem de máquina e, consequentemente, o arquivo gerado pode ser inserido diretamente no comando CNC através de protocolos de comunicação (Groover, 2000; Nanfara, Uccello, Murphy, 1999).

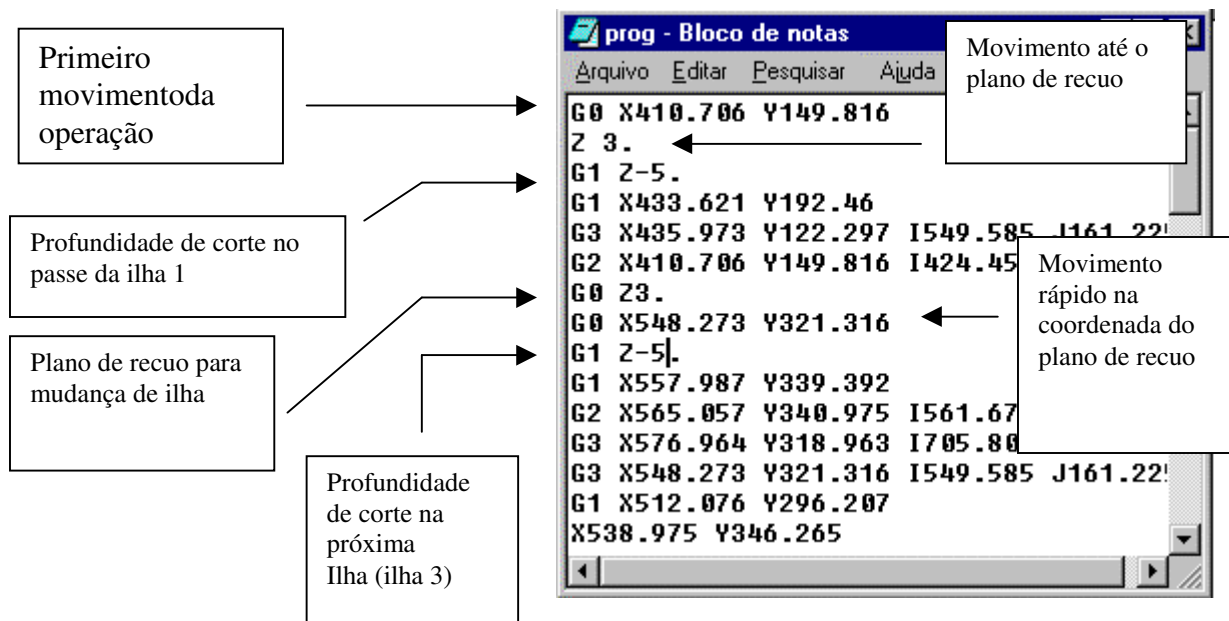


Figura 7. Coordenadas em código CN

4. CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido apresenta uma solução para definição otimizada de dados geométricos a serem inseridos no programa da máquina para trabalhos de usinagem de cavidades com perfil irregular, prevenindo a formação de ilhas.

Embora sistemas computacionais de integração *CAD/CAM* (Computer Aided Design/Manufacturing) apresentem recursos suficientes para solucionar esse tipo de problema, a técnica apresentada representa uma alternativa de custo de investimento significativamente inferior. Os resultados dos testes de aplicação do sistema desenvolvido mostraram a viabilidade de solução do problema através da implementação de uma função interna do *CAD*. A metodologia proposta pode ser adotada em qualquer sistema *CAD* que apresente recursos semelhantes (acesso a uma linguagem computacional) para desenvolvimento de aplicativos.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ, pelo financiamento do projeto e concessão de bolsa de iniciação científica.

6. REFERÊNCIAS

- Da SILVA, A.D., CORRÊA JR, D.S., 2002, ‘Sistema de Visualização de Dados Geométricos de Programas CN para Operações de Fresamento’, II CONEM 2002.
- Da SILVA, A.D., MEZZOMO, F.F., 2002, ‘Geração Automática de Dados Tecnológicos na Programação’, II CONEM 2002.
- Da SILVA, A.D., SOUZA, D.J.A., 2003 ‘Geração de Ciclos Avançados de Usinagem a partir de Ciclos Elementares disponíveis em Equipamentos CNC’, II COBEF 2003.
- De OLIVEIRA, L. C., 2003, “Contribuições para a Otimização da Usinagem de Cavidades 2½ D”, Tese (Doutor em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo.
- Gaál, J. A., 1999, ‘Curso de AutoLISP’, DeseCAD Computação Gráfica, S.Paulo, Brasil.
- Groover, M.P., 2000 “Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing”, Prentice Hall, New Jersey, United States of America.
- MACHADO, Aryoldo., 1990, “Comando Numérico Aplicado às Máquinas-Ferramentas”, Ícone, São Paulo, Brasil.
- Nanfara, F., Uccello, T., Murphy, D., 1999 ‘The CNC Workshop A Multimedia Introduction to Computer Numerical Control’, Addison Wesley, United States of America.
- PEREIRA Athos Gleber., 2003, “Desenvolvimento e Avaliação de um Editor para Programação CN em Centros de Usinagem”, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná – UFPR, Paraná.

CAD/CAM FUNCTION TO MILLING OF IRREGULAR CAVITIES FORESING ISLAND FORMATION

Alexandre Dias da Silva

Federal University of Santa Maria, adiass@smail.ufsm.br

Julio Cezar Bevilacqua

Federal University of Santa Maria, julioengenheiro@yahoo.com.br

Abstract. *This work presents a methodology to generate the path of the tool automatically in the cutting of irregular cavities. The technique proposal was implemented in the form of application of a system CAD. Rough-hew paths are certain for halfway lines to the outline through the resource of CAD for that end (command offset). The system foresees the formation of islands cutting during the processing, in other words, when an strangling of the offset forms two or more different geometric entities. The technique applied uses resources of CAD for the development of integration functions CAD/CAM.*

Keywords. *cutting, CAD/CAM, numeric command.*