



**CONEM 2016**  
CONGRESSO NACIONAL DE  
ENGENHARIA MECÂNICA

**21-25**  
**AGOSTO DE 2016**  
**FORTALEZA - CEARÁ**

## IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CORTE AUTOMATIZADO

Leonel L. D. Morales, leonel.morales@udf.edu.br<sup>1,2</sup>  
Felipe Antoniazzi, felipe.antoniazzi@yahoo.com.br<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário do Distrito Federal – UDF, Escola de Engenharia e Tecnologia. Engenharia Mecânica  
SEP/SUL EQ 704/904 Conj. A, CEP 70390-045 – Brasília, DF.

<sup>2</sup>Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Ciências Mecânicas, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900 – Brasília, DF.

**Resumo:** Os sistemas de Manufatura Auxiliada por Computador (CAM) podem ser considerados o braço operacional que complementa o ciclo produtivo iniciado pelos sistemas de Desenho Assistido por Computador (CAD). Esses sistemas se baseiam no comando numérico computadorizado (CNC), do movimento de máquinas, sobre determinados eixos ou graus de liberdade, que possibilita efetuar cortes de curvas complexas e produzir estruturas com três dimensões com mínima interferência do operador, o que reduz complexidade, custos e tempo de produção.

Esse trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema CAM, com utilização de CNC, que permite automatizar o trabalho da ferramenta de corte sobre um plano, controlando seus movimentos nos eixos coordenados (x, y e z) do sistema cartesiano. O protótipo da máquina foi construído utilizando eixos retificados, rolamentos lineares, motores de passo e fusos trapezoidais. A comunicação dos motores de passo com o computador foi feita por meio de placa controladora com interface paralela e drivers baseados no CI Tb6560.

Apresentaremos os resultados dos testes de corte e desbaste com fresadora instalada no protótipo cortando MDF, acrílico, ACM, compensado e PVC expandido.

Durante os experimentos foi possível atingir funcionamento satisfatório do sistema, produzir peças e efetuar cortes com precisão. O projeto demonstra uma proposta viável e econômica de produção de uma máquina de grande porte para utilização nas áreas de Engenharia e Arquitetura. Também possibilita propor melhorias que poderão subsidiar novos estudos acadêmicos, como adição de mais graus de liberdade, integração com outras máquinas ou equipamentos.

**Palavras-chave:** CNC, CAD, CAM

### 1. INTRODUÇÃO

A utilização de computadores para assistir os trabalhos de engenharia iniciaram-se na década de 50, com os estudos do Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) para apresentar desenhos geométricos monocromáticos bidimensionais em um tubo de raios catódicos. (ZEID, 1991)

A partir de então, os sistemas de desenho assistido por computador (CAD) evoluíram exponencialmente e as diversas opções existentes no mercado, inclusive de ferramentas de código aberto possibilitaram sua disseminação em todos os setores produtivos.

Aliado a facilidade de projetar peças complexas e com precisão dimensional, surge a necessidade de máquinas capazes de construir as peças projetadas, é quando nascem os sistemas de manufatura assistida por computador.

Esse trabalho descreve o desenvolvimento de um sistema CAM de baixo custo, com utilização de CNC, que permite automatizar o trabalho da ferramenta de corte sobre um plano, controlando seus movimentos nos eixos coordenados (x, y e z) do sistema cartesiano.

### 2. HISTÓRIA DAS MÁQUINAS CNC

O homem sempre buscou racionalizar seus esforços e automatizar os processos com objetivo de aprimorar sistema produtivo. Com a necessidade crescente de produzir mercadorias, máquinas e ferramentas em escala maior, foram desenvolvidas máquinas cada vez mais eficientes, rápidas e precisas, que culminaram na larga utilização a partir de 1957, de comando numérico (CN) nas máquinas de produção.

A utilização de computadores para processar e administrar o envio de comandos numéricos às máquinas é o alicerce dos sistemas de comando numérico computadorizado (CNC), que surgiu na década de 70 e continua evoluindo. Os sistemas modernos são dotados de grande confiabilidade e precisão.

A redução nos tempos de fabricação e maior repetibilidade e consistência na sequência das operações são vantagens dos sistemas CNC que permitem prever os tempos de produção com mais segurança, computar os custos envolvidos, otimizar a utilização dos insumos necessários e precificar e gerenciar o desgastes das ferramentas utilizadas durante a fabricação, que por apresentar maior precisão e qualidade evita retrabalhos, refugos e reduz consideravelmente os tempos de produção. (DARVIN, 2002)

## 2.1. Sistemas CAD/CAM

Os sistemas de Manufatura Auxiliada por Computador (CAM) podem ser considerados o braço operacional que complementa o ciclo produtivo iniciado pelos sistemas de Desenho Assistido por Computador (CAD). Esses sistemas se baseiam no Comando Numérico Computadorizado (CNC), do movimento de máquinas, sobre determinados eixos ou graus de liberdade, que possibilita efetuar cortes de curvas complexas e produzir estruturas com três dimensões com mínima interferência do operador, o que reduz complexidade, custos e tempo de produção.

Segundo Borges e Araújo (2007) esses sistemas viabilizam a prototipação rápida, e com baixo custo, bem como o controle de automações industriais em grande escala.

Atualmente, a disponibilidade de sistemas CAM de pequeno porte e baixo custo, possibilitou a popularização desse tipo de ferramenta, que antes era exclusivo de grandes indústrias e centros de pesquisa (COSTA e PEREIRA, 2016).

A partir dos projetos feitos com auxílio de computadores, é possível planejar o movimento de ferramentas de corte, desbaste ou deposição de material baseado nas coordenadas dos pontos da superfície ou contorno dos objetos idealizados.

Dessa forma, através de parâmetros de velocidade de avanço, posição inicial e final de acordo com as coordenadas do sistema cartesiano pode-se automatizar a movimentação de máquinas e fabricação de peças.

## 3. MÁQUINAS DE CORTE OU DESBASTE AUTOMATIZADO

Um dos processos mais utilizados na produção de peças ou objetos em baseia-se no corte ou remoção de material de placas ou blocos pré fabricados, como chapas metálicas, de madeira compensada, MDF, acrílico ou outros polímeros disponíveis no mercado.

As máquinas de corte ou desbaste automatizado visam agregar agilidade e precisão no corte ou usinagem desses materiais utilizando comando numérico computadorizado para movimentar as ferramentas de corte ou desbaste.

Para tanto, após o projeto da peça, é necessário processar a imagem e determinar as etapas de corte ou desbaste considerando as características das ferramentas, como o tipo e diâmetro da fresa a ser utilizada, por exemplo, o caminho a ser percorrido para garantir a integridade do corte, a velocidade de avanço, o mergulho máximo por passo, além dos limites de cada máquina especificamente.

Nessa etapa entram os softwares de manufatura assistida por computador, que consideram as características do material trabalhado, da ferramenta de corte e da máquina que movimenta a ferramenta de corte para escrever o programa de corte, normalmente utilizando a linguagem *g-code*, que é a linguagem de programação de comando numérico mais difundida.

## 4. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Com objetivo de um protótipo de máquina CNC de baixo custo e simples construção foram escolhidos materiais com ampla disponibilidade inclusive em sucatas industriais, eletrônica simples, com placas de circuito já prontas e amplamente disponíveis em diversos fornecedores.

Na Figura 1, pode ser apreciada uma imagem do chassi, na etapa de construção do protótipo.



**Figura 1. Imagem do chassi do protótipo em construção.**

O protótipo tem área total de 700mm x 1000mm, o chassi construído em MDF 15mm, movimentos sobre guias lineares tubulares e rolamentos lineares, fusos trapezoidais e motores de passo padrão NEMA23.

O chassi finalizado à espera da implementação de e instalação do motor de passo é mostrado na Fig. 2.



**Figura 2. Chassis pronto**

O movimento dos eixos é transmitido para fusos trapezoidais a partir de motores de passo padrão NEMA23, definido pela associação dos fabricantes de materiais elétricos dos Estados Unidos (*US National Electrical Manufacturers Association* - NEMA). A nomenclatura segue o padrão NEMA DD, em que DD é o diâmetro da face dos motores em polegadas multiplicado por dez. O motor NEMA 23 possui diâmetro de 2,3 polegadas. A cada pulso elétrico gira 1.8 graus, no sentido horário ou anti-horário, dependendo do sinal do pulso elétrico.

Os sinais elétricos são enviados a partir da placa paralela do computador para *drivers* baseados no circuito integrado TB6560., que enviam pulsos com maior voltagem e corrente aos motores de passo, garantindo a curva de torque e velocidade ótimas de cada motor. Na Figura 3 pode se observado o drive utilizado no protótipo proposto neste projeto.

A comunicação da máquina com o computador faz-se através da porta paralela e da versão de teste do software MACH3, que é um software da empresa artsoft, que permite utilizar um computador pessoal com sistema operacional Windows para como controlador CNC a partir da porta paralela.

A ferramenta de corte escolhida para a primeira etapa de testes foi uma fresadora com velocidade variável pela facilidade da implementação e as possibilidades e necessidades de utilização.



Figura 3. Driver baseado no circuito integrado TB6560

O circuito eletrônico estruturado e testado para o funcionamento na máquina de corte construída é apresentado na Fig.

4.



**Figura 4. Eletrônica montada**

Após a etapa de construção do protótipo físico e suas componentes eletrônicas e mecânicas, foi iniciada a etapa de testes com a finalidade de avaliar a efetividade da máquina de corte desenvolvida. Os resultados são apresentados na sessão a seguir.

## 5. RESULTADOS

Após os devidos ajustes de software, e calibração dos parâmetros de corte foi possível efetuar cortes satisfatórios em MDF, acrílico, ACM, compensado e PVC expandido a uma velocidade média de 700mm/s.

Cada material requer configuração específica de velocidade de avanço, mergulho da ferramenta, sentido do corte, fresa utilizada e velocidade de rotação da fresadora.

A máquina mostrou-se eficiente para pequenos trabalhos de fabricação de peças, maquetes, protótipos, trabalhos de comunicação visual e também para o ensino nas áreas de engenharia, design e arquitetura.

A seguir, imagens de peças em MDF fabricadas com o protótipo, na Fig. 5 e 6 são mostrados resultados de corte.



**Figura 5. Objeto em MDF cortados na máquina.**

Na imagem acima pode ser verificada a capacidade de máquina construída e sua capacidade de ajudar na produção de figuras diversas e complexas. Na Figura 6 é apresentado um objeto completo obtido com ajuda do protótipo.

Futuros trabalhos poderão adaptar outras ferramentas de corte a mesma estrutura, bem como utilizar o mesmos princípios para construção de uma máquina de grande porte com baixo custo e atingindo padrões de qualidade satisfatórios. As formas apresentadas neste trabalho são algumas inúmeras peças que foram obtidas ao longo dos testes na máquina de corte proposta.



**Figura 6. Objeto em MDF cortados na máquina**

## **6. CONCLUSÕES**

Durante os experimentos foi possível atingir funcionamento satisfatório do sistema, produzir peças e efetuar cortes com precisão. O projeto demonstra uma proposta viável e econômica de produção de uma máquina de grande porte para utilização nas áreas de Engenharia e Arquitetura. Também possibilita propor melhorias que poderão subsidiar novos estudos acadêmicos, como adição de mais graus de liberdade, integração com outras máquinas ou equipamentos.

## **7. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Centro Universitário de Distrito Federal – UDF pelo permanente incentivo à pesquisa.

## **8. REFERÊNCIAS**

Zeid, I., 1991, “Cad/Cam Theory and Practice”, Ed. McGraw-Hill Higher Education, 1st ed.

- Darvin, C. A. C. D., 2003, “Os benefícios da inovação tecnológica na ferramentaria de uma indústria automobilística: utilizando o conceito de usinagem em alta velocidade de corte”, Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 10, nº 3, p. 51-59, julho/setembro.
- Borges, G. A. V., Araújo, A. C., 2007 “Reativação e atualização de máquinas CNC didáticas”, 14º CREEM. FEMEC/UFU, Uberlândia-MG, Brasil.
- Costa, D. D., Pereira A. G., 2006, “Desenvolvimento e avaliação de uma tecnologia de baixo custo para programação CNC em pequenas empresas” Produção, v. 16, n. 1, p. 048-063, Jan./Abr, Florianópolis, Brasil.

## IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATED CUTTING SYSTEM

Leonel L. D. Morales, leonel,morales@udf.edu.br<sup>1,2</sup>

Felipe Antoniazzi, felipe.antoniazzi@yahoo.com.br<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário do Distrito Federal – UDF, Escola de Engenharia e Tecnologia. Engenharia Mecânica SEP/SUL EQ 704/904 Conj. A, CEP 70390-045 – Brasília, DF.

<sup>2</sup> Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Ciências Mecânicas, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900 – Brasília, DF.

**Abstract.** *Computer-Aided Manufacturing systems (CAM) can be considered the operating branch that complements the production cycle initiated by Computer-Aided Design systems (CAD). These systems are based on Computer Numerical Control (CNC) of machine movements over specific axes or degrees of freedom, which allows performing complex curve cuts and three dimensional structure building with minimal operator intervention, thus reducing complexity, cost and production time.*

*This paper describes the development of a CAM system using CNC to automate the work of a cutting tool over a Cartesian plane by controlling its movements on the coordinate axes (x, y, z). The prototype machine was built using rectified axes, linear bearings, stepper motors and trapezoidal screws. The communication between the stepper motors and the computer was made over the parallel port, using a controller board and Tb6560 integrated circuit drivers.*

*Here we present the test results of a milling machine installed in the prototype cutting MDF, acrylic, plywood, ACM expanded PVC sheets.*

*During the experiments it was possible to achieve satisfactory operation of the system, producing parts and making precision cuts with it. The project demonstrates a viable and economical proposition to produce a large machine for use in engineering and architecture. It also allows to propose improvements that could subsidize new academic studies, such as adding more degrees of freedom, integration with other machines or equipment.*

**Keywords:** CNC, CAD, CAM