
PROGRAMAÇÃO DO ROBÔ DE CORTE PARA NOVAS MATRIZES DA EMPRESA INYLBRA

Gabriel Antônio Dranka Mendes¹, Hellen Campos Gobbi², Vitor Ribas³ e
Cheng Te Hung⁴

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de automação do processo de programação do robô de corte de assoalhos veiculares da empresa Inylbra, atualmente realizado manualmente por meio do controlador Fagor CNC 8055T. A metodologia adotada baseou-se em pesquisa bibliográfica, análise de softwares CAM multieixo, visitas técnicas e estudo da cinemática da máquina, visando desenvolver, no software SprutCAM X Robot, um método automatizado para conversão de modelos tridimensionais em código G. O fluxo proposto contempla importação da matriz, definição das trajetórias de corte, simulação virtual para verificação de colisões e geração automática do programa CNC. Os resultados esperados indicam redução de até 80% no tempo de setup inicial das matrizes, diminuindo significativamente o período necessário para programação e validação do processo. Além disso, a solução contribui para a redução de erros humanos, retrabalhos e riscos operacionais, aumentando a precisão, repetibilidade e confiabilidade das operações. Conclui-se que a utilização do SprutCAM X Robot integrada ao sistema CNC representa uma alternativa viável para modernização do processo produtivo, promovendo maior eficiência operacional e alinhamento aos conceitos da Indústria 4.0 e manufatura digital.

Palavras-chave: CNC; G-code; SprutCAM; automação; manufatura digital.

PROGRAMMING OF THE CUTTING ROBOT FOR NEW MOLDS AT INYLBRA ABSTRACT

This paper presents a proposal to automate the programming process for the vehicle

floor mat cutting robot at Inylbra, which is currently performed manually using the Fagor CNC 8055T controller. The methodology adopted was based on literature review, analysis of multi-axis CAM software, technical visits, and a study of the machine's kinematics, with the aim of developing, within the SprutCAM X Robot software, an automated method for converting three-dimensional models into G-code. The proposed workflow includes importing the die, defining cutting paths, virtual simulation for collision detection, and automatic generation of the CNC program. The expected results indicate a reduction of up to 80% in the initial setup time for dies,

¹ Filiação. E-mail: UniSenai Campus CIC. gab.a.dranka@gmail.com

² Filiação. E-mail: UniSenai Campus CIC. hellencamposgobbi987@gmail.com

³ Filiação. E-mail: UniSenai Campus CIC. ribasvitor77@gmail.com

⁴ Filiação. E-mail: UniSenai Campus CIC. cheng.hung@sistemapiep.org.br (Autor correspondente)

significantly reducing the time required for programming and process validation. Furthermore, the solution contributes to the reduction of human errors, rework, and operational risks, increasing the precision, repeatability, and reliability of operations. It is concluded that the use of SprutCAM X Robot integrated with the CNC system represents a viable alternative for modernizing the production process, promoting greater operational efficiency and alignment with Industry 4.0 and digital manufacturing concepts.

Key words: CNC; G-code; SprutCAM; automation; digital manufacturing

1 INTRODUÇÃO

A crescente busca por produtividade, qualidade e redução de custos tem impulsionado a transformação digital nos processos industriais, especialmente em setores que demandam elevada precisão, repetibilidade e flexibilidade produtiva. Nesse contexto, tecnologias associadas à manufatura digital e aos conceitos da Indústria 4.0 vêm sendo amplamente incorporadas aos ambientes industriais, promovendo maior integração entre sistemas computacionais, automação e equipamentos produtivos (GROOVER, 2015). Entre essas tecnologias, destacam-se os sistemas de Controle Numérico Computadorizado (CNC), responsáveis por automatizar máquinas-ferramenta e processos robóticos por meio de instruções programadas, proporcionando ganhos significativos em eficiência operacional, qualidade e padronização da produção (KALPAKJIAN; SCHMID, 2014).

Paralelamente à evolução dos sistemas CNC, a robótica industrial também apresentou avanços significativos ao longo das últimas décadas, ampliando sua aplicação em operações repetitivas, soldagem, montagem e corte automatizado. Atualmente, observa-se uma convergência entre robótica e CNC, permitindo que robôs industriais sejam controlados por linguagens tradicionalmente utilizadas em máquinas-ferramenta, como o código G. O código G, padronizado pela norma ISO 6983, tornou-se a principal linguagem de programação CNC utilizada na indústria, sendo responsável pela definição das trajetórias e movimentos das ferramentas (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2009). Associados aos códigos M, responsáveis pelas funções auxiliares da máquina, esses comandos permitem a automação completa de operações industriais.

Com o avanço dos sistemas CAD/CAM (*Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing*), tornou-se possível integrar diretamente modelos tridimensionais aos processos de manufatura, automatizando a geração de trajetórias e reduzindo significativamente o tempo de programação (XU; WANG; NEWMAN, 2006).

No setor de revestimentos automotivos, a utilização de sistemas CNC e robóticos vem se tornando cada vez mais relevantes. Entretanto, muitas empresas ainda utilizam métodos de programação manuais, altamente suscetíveis a falhas. Na empresa Inylbra Tapetes e Veludos Ltda, o processo de corte de assoalhos veiculares é realizado por um braço robótico controlado pelo Fagor CNC 8055T, cuja programação ocorre manualmente, ponto a ponto. Segundo informações obtidas durante visita técnica realizada em março de 2026, a validação de uma nova matriz pode demandar até cinco dias de trabalho, comprometendo diretamente a produtividade e os custos operacionais da empresa.

Diante desse cenário, torna-se necessária a investigação de métodos capazes de automatizar a conversão de arquivos de modelagem tridimensional em código G, reduzindo o tempo de setup e aumentando a confiabilidade do processo. Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um método automatizado utilizando o software SprutCAM X Robot para geração de trajetórias de corte e exportação de G-code compatível com o controlador Fagor CNC 8055T.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica aborda os principais conceitos relacionados à automação da programação CNC multieixo, incluindo evolução do CNC, programação de robôs industriais, integração CAD/CAM e geração de código G (GROOVER, 2015; SMID, 2009).

2.1 História da Programação em CNC e Robótica

O desenvolvimento do Controle Numérico Computadorizado (CNC) representa um marco na evolução dos sistemas de manufatura. Seu surgimento remonta à década de 1950, quando pesquisas conduzidas no Massachusetts Institute of Technology (MIT) possibilitaram o controle automático de máquinas-ferramenta por meio de instruções

codificadas. Inicialmente, os sistemas utilizavam fitas perfuradas, sendo posteriormente substituídos por sistemas computacionais mais avançados, dando origem ao CNC moderno, o que proporcionou avanços significativos em precisão, repetibilidade e produtividade nos processos industriais (GROOVER, 2015).

2.2 Linguagens de Programação CNC e Código G

A programação de máquinas CNC e sistemas robóticos industriais é um elemento fundamental na automação dos processos produtivos. Ao longo do tempo, essa programação evoluiu de métodos manuais para linguagens estruturadas capazes de controlar múltiplos eixos com elevada precisão. Nesse contexto, destacam-se as linguagens baseadas em código G, amplamente utilizadas em máquinas CNC, e as linguagens específicas de robôs industriais (SMID, 2009; GROOVER, 2015).

Embora a robótica industrial utilize linguagens próprias voltadas ao controle de manipuladores, aplicações híbridas têm utilizado código G para controlar sistemas robóticos multieixo. Entretanto, essa abordagem exige maior atenção à representação da cinemática e à geração das trajetórias, especialmente em sistemas complexos e não convencionais (XU; WANG; NEWMAN, 2006).

2.2.1 Integração entre Códigos G e M

A programação CNC baseia-se na integração entre códigos G e M, que atuam de forma complementar no controle das operações da máquina. Enquanto os códigos G definem os movimentos geométricos e trajetórias da ferramenta, os códigos M controlam funções auxiliares (SMID, 2009; GROOVER, 2015).

Os códigos M são responsáveis por controlar aspectos operacionais essenciais à usinagem, incluindo temperatura, lubrificação e funcionamento de dispositivos auxiliares. (HITOP INDUSTRIAL, 2023; CHEN). A combinação entre códigos G e M permite maior organização dos programas CNC.

Diferentemente das máquinas CNC tradicionais, os robôs industriais possuem cadeias cinemáticas mais complexas, compostas por múltiplos eixos rotacionais e interdependentes. Dessa forma, torna-se necessária a utilização de cinemática inversa para converter coordenadas cartesianas em posições angulares dos eixos do robô (GROOVER, 2015). Além disso, aplicações com cinco ou seis eixos exigem

sincronização precisa entre movimentos lineares e rotacionais, tornando a programação manual extremamente complexa e suscetível a erros e colisões (KALPAKJIAN; SCHMID, 2014).

Por fim, observa-se que a utilização integrada de códigos G e M em sistemas robóticos não convencionais representa uma solução viável para automação industrial.

2.3 Sistemas CAD/CAM e Conversão para G-Code

Os sistemas CAD/CAM são fundamentais para integrar as etapas de projeto e fabricação na indústria moderna. Enquanto o CAD realiza a modelagem tridimensional das peças, o CAM utiliza essas informações para gerar trajetórias de ferramenta e convertê-las em código G executável por máquinas CNC, aumentando a precisão, produtividade e automação dos processos industriais (KALPAKJIAN; SCHMID, 2014; GROOVER, 2015).

O processo de conversão inicia-se com a importação do modelo 3D para o ambiente CAM, seguido da definição do sistema de coordenadas, seleção das regiões de corte e parametrização das estratégias de usinagem. A partir dessas informações, o software calcula automaticamente as trajetórias da ferramenta (SMID, 2009).

Em sistemas multieixo, a geração das trajetórias exige sincronização entre eixos lineares e rotacionais. Além disso, os softwares CAM permitem realizar simulações virtuais para identificar colisões e validar o processo antes da execução física, reduzindo erros e retrabalho (XU; WANG; NEWMAN, 2006).

Por fim, o pós-processamento converte as trajetórias em código G compatível com o controlador CNC utilizado, garantindo a correta execução do programa.

2.4 Softwares CAM: Edgecam, Numroto e SprutCAM

Os softwares CAM são ferramentas fundamentais para a automação da programação CNC. Esses sistemas desempenham papel essencial na modernização dos processos produtivos, contribuindo para maior qualidade, repetibilidade e integração entre modelagem digital e manufatura automatizada (GROOVER, 2015).

Entre os principais softwares utilizados na indústria destaca-se o Edgecam, amplamente empregado na programação de usinagem CNC. Seu principal diferencial

está na automação da programação por meio do reconhecimento de features e otimização automática das trajetórias (EDGECAM, 2024).

Outro software relevante é o NUMROTO, especializado na fabricação e afiação de ferramentas de corte. Sua aplicação é voltada principalmente para processos de retificação de alta precisão, permitindo modelagem detalhada de geometrias complexas, simulação virtual dos processos e geração de código G otimizado para máquinas específicas (XU; WANG; NEWMAN, 2006).

Já o SprutCAM X destaca-se por sua aplicação em máquinas CNC multieixo e sistemas robóticos. O software integra geração de trajetórias, simulação e configuração cinemática em um único ambiente, permitindo programar tanto centros de usinagem quanto robôs industriais. (GROOVER, 2015).

Além disso, o SprutCAM X possui recursos avançados de simulação e pós-processamento, permitindo validar virtualmente as trajetórias, identificar colisões e gerar código G compatível com diferentes controladores CNC, como o Fagor CNC 8055T. Dessa forma, o software apresenta-se como uma solução completa para automação da programação CNC multieixo e robótica, alinhando-se aos conceitos da Indústria 4.0 e à integração entre sistemas digitais e processos produtivos (KALPAKJIAN; SCHMID, 2014).

3 METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa de mercado com o intuito de identificar softwares do tipo CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) aptos a operar em máquinas multieixo e compatíveis com o Fagor CNC 8055T.

Na sequência, será realizada uma visita técnica à Inylbra, com o objetivo de levantar informações detalhadas sobre o processo atual de programação do robô de corte.

Com base nos dados coletados, será realizada a seleção do software CAM mais adequado, considerando critérios como compatibilidade com o controlador CNC, capacidade de programação multieixo, recursos de simulação, facilidade de integração

ao fluxo produtivo e custo-benefício. A partir dessa análise, o SprutCAM X Robot foi definido como a principal plataforma para o desenvolvimento do método proposto.

Posteriormente, será estruturado o fluxo de conversão automatizada utilizando o SprutCAM X Robot, contemplando a importação dos modelos tridimensionais das matrizes em formato .STP, a definição das arestas de corte, a parametrização da cinemática da máquina, a configuração do pós-processador e a geração do código G compatível com o controlador Fagor CNC 8055T. Após a geração do programa, o código será exportado e transferido ao controlador CNC por meio de dispositivo USB (pendrive), utilizando o mesmo procedimento já adotado pela empresa para backup e gerenciamento de programas. Em seguida, serão realizados testes iniciais de conversão e validação virtual. A validação da solução será baseada na comparação entre o método atual e o método proposto.

Além da validação técnica, será realizada uma análise de viabilidade econômica da solução proposta. Para isso, serão considerados os custos estimados de implementação do sistema, incluindo software, configuração e treinamento, avaliados em aproximadamente R\$ 57.000,00. Atualmente, o processo exige dois operadores e cerca de cinco dias para validação de uma nova matriz. Com a automação proposta utilizando o SprutCAM X Robot, estima-se uma redução de até 80% no tempo de setup, além de uma economia anual aproximada de R\$ 42.000,00 apenas em custos operacionais.

Na etapa final, serão comparados os resultados obtidos pelo método convencional e pelo método automatizado. Espera-se demonstrar que a utilização do SprutCAM X Robot proporciona maior eficiência operacional.

Por fim, após a análise e validação dos resultados, o método proposto será consolidado como um novo fluxo de programação automatizada.

3.1 Fluxo de Programação Automatizada no SPRUTCAM

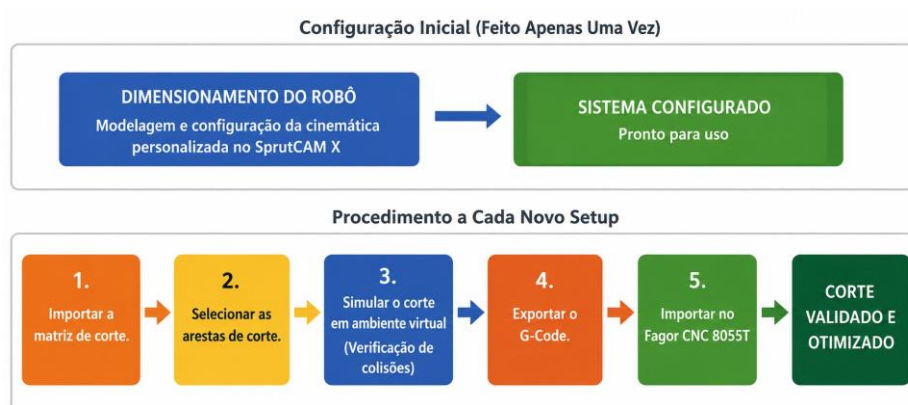
Para viabilizar a automação da programação do robô de corte, foi estruturado um fluxo de trabalho baseado no uso do SprutCAM X, permitindo a geração eficiente de trajetórias e a exportação do código G para o controlador Fagor CNC 8055T. Esse processo foi dividido em duas etapas principais: uma configuração inicial, realizada

apenas uma vez, e um procedimento operacional executado a cada novo setup de matriz.

Na fase inicial, é realizado o dimensionamento e a modelagem digital dos robôs aplicados no processo produtivo. Com essa configuração concluída, o sistema passa a estar apto para a programação automatizada das trajetórias de corte.

Posteriormente, para cada nova matriz recebida, segue-se um fluxo padronizado que envolve a importação do modelo tridimensional, a definição das arestas de corte, a simulação virtual para verificação de colisões e a geração do código G. Após a validação, o programa é exportado e importado no controlador CNC. A seguir, na Figura 1, é possível visualizar o fluxo para execução do método:

Figura 1 - Diagrama do Fluxo de Programação no SprutCAM



Fonte: Elaborado pelos Autores (2026)

3.2 Treinamento dos Operadores

A implementação do fluxo automatizado de programação com o SprutCAM X exige a capacitação dos operadores, tornando o treinamento essencial para o sucesso da solução proposta.

Inicialmente, o treinamento deve abordar conceitos fundamentais, como leitura de geometrias, modelagem 3D e cinemática da máquina (eixos X, Y, Z, U, A e B). Em seguida, os operadores devem compreender o fluxo automatizado no SprutCAM X, reduzindo a dependência de conhecimento empírico.

Na sequência, devem ser realizadas atividades práticas com exemplos reais da empresa, permitindo aos operadores executar o fluxo completo em

ambiente controlado. A simulação virtual é fundamental nesse processo, pois possibilita identificar colisões, ajustar parâmetros e validar trajetórias antes da execução na máquina real.

3.3 Custos Para Aplicação da Solução

A implementação da solução proposta utilizando o SprutCAM X Robot requer investimentos relacionados à aquisição do software, infraestrutura computacional e treinamento dos operadores responsáveis pela utilização do sistema. A Tabela 1, a seguir, apresenta uma estimativa dos principais custos necessários para aplicação da solução no ambiente produtivo da empresa:

Tabela 1 – Estimativa de custos para implementação da solução

<i>Item</i>	<i>Descrição</i>	<i>Valor estimado</i>
<i>SoftwareCAM</i>	<i>Licença anual do SprutCAM</i>	<i>R\$ 42.000,00 a R\$ 50.000,00/ano</i>
<i>Computador</i>	<i>Para aplicação do método</i>	<i>R\$ 3.800,00</i>
<i>Treinamento</i>	<i>Capacitação</i>	<i>R\$ 3.200,00 por funcionário</i>
<i>Total estimado inicial</i>	<i>Por funcionário</i>	<i>R\$ 49.000,00 a R\$ 57.000,00</i>

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026)

Apesar do investimento inicial, a solução apresenta potencial significativo de retorno financeiro. Atualmente, a programação e validação das matrizes exigem dois operadores, com custo médio de R\$ 3.500,00 mensais cada. Com a automação proposta pelo SprutCAM X Robot, estima-se a necessidade de apenas um operador, gerando economia anual aproximada de R\$ 42.000,00 em mão de obra.

Além disso, a programação manual provoca cerca de cinco dias de parada produtiva durante o setup de novas matrizes. Considerando uma produção média de 40 tapetes por hora, com valor aproximado de R\$ 200,00 por unidade, a operação possui potencial produtivo de cerca de R\$ 8.000,00 por hora. Com a redução de até 80% no tempo de setup, parte significativa desse tempo improdutivo poderá ser recuperada, aumentando a disponibilidade operacional e reduzindo perdas produtivas. A Tabela 2 apresenta a estimativa dos ganhos operacionais e financeiros da aplicação.

Tabela 2 – Estimativa de ganhos operacionais e financeiros

<i>Ganho estimado</i>	<i>Valor aproximado</i>
<i>Economia anual com mão de obra</i>	<i>R\$ 42.000,00/ano</i>

<i>Redução do tempo de setup</i>	<i>Até 80%</i>
<i>Aumento da disponibilidade produtiva</i>	<i>Mais de 150 horas recuperadas por setup</i>
<i>Potencial produtivo recuperado</i>	<i>Aproximadamente R\$ 1.200.000,00 por setup</i>

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026)

Dessa forma, observa-se que a implementação da solução apresenta viabilidade econômica e potencial de retorno em curto e médio prazo.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A empresa Inylbra busca reduzir o tempo e a complexidade na programação do robô de corte de assoalhos veiculares, atualmente realizada de forma manual em um sistema controlado pelo Fagor CNC 8055T. Com a implementação de um fluxo digital baseado no software SprutCAM X Robot, espera-se automatizar a geração de trajetórias de corte (G-code). Com essa abordagem, estima-se uma redução de até 80% no tempo de preparação inicial, que atualmente pode chegar a cinco dias, passando a ser realizado em poucas horas, além de ganhos significativos em precisão.

Do ponto de vista produtivo, considerando que a empresa possui uma capacidade de corte de aproximadamente 40 tapetes por hora, com valor médio de R\$ 200,00 por unidade, tem-se uma receita potencial de R\$ 8.000,00 por hora de produção. Dessa forma, a redução do tempo de setup de aproximadamente cinco dias (cerca de 200 horas produtivas) para poucas horas representa um ganho expressivo em disponibilidade operacional. Estima-se que essa otimização possa liberar mais de 150 horas produtivas por setup, o que corresponde a um potencial adicional de aproximadamente R\$ 1.200.000,00 em capacidade produtiva que deixa de ser perdida durante o período de preparação.

Além disso, há um impacto direto na redução de custos operacionais com mão de obra. Atualmente, o processo exige dois operadores, cada um com salário médio de R\$ 3.500,00 mensais. Com a automação proposta, será necessária apenas a atuação de um operador, gerando uma economia mensal de R\$ 3.500,00, equivalente a aproximadamente R\$ 42.000,00 por ano. Somados os ganhos de produtividade e a redução de custos, a solução proposta demonstra elevado potencial de retorno financeiro, além de contribuir para a modernização do processo produtivo, alinhando a empresa aos conceitos de manufatura digital e Indústria 4.0.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu analisar, de forma aplicada, um problema real enfrentado pela Inylbra, relacionado ao elevado tempo e à baixa eficiência na programação do robô de corte de assoalhos veiculares. A partir da vivência no ambiente industrial e do estudo das tecnologias envolvidas, foi possível compreender as limitações do processo atual, fortemente dependente de programação manual e conhecimento tácito dos operadores, o que impacta diretamente a produtividade e a confiabilidade do sistema.

A proposta de implementação de um fluxo digital baseado em softwares CAM, com geração automatizada de trajetórias em G-code compatíveis com o Fagor CNC 8055T, demonstrou-se tecnicamente viável e alinhada às necessidades da empresa.

A continuidade do projeto, com possíveis expansões para outras células produtivas e atualização dos sistemas robóticos, tende a consolidar ainda mais os ganhos obtidos.

REFERÊNCIAS

- ACER. Notebook Acer Aspire 5 A515-45-R043 AMD Ryzen 5 Tela 15.6" 16 GB RAM 512 GB SSD Full HD LED IPS Windows 11 Home. Disponível em: <https://www.amazon.com.br>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- AUTODESK. **PowerMill user guide**. 2024. Disponível em: https://www.autodesk.com/sites/default/files/file_downloads/MTD_User_Guide_3.pdf. Acesso em: 31 mar. 2026.
- BUENO, Michel Gomes. **Automação e programação CNC aplicadas à manufatura**. Disponível em: <https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/38086/1/MICHEL+GOMES+BUENO.pdf>. Acesso em: 12 maio 2026.
- CHEN, Jason. KEMAL. **G and M Codes: Understanding the CNC Programming Languages**. Disponível em: <https://www.kemalmfg.com/cnc-machining/g-and-m-codes/>. Acesso em: 31 mar. 2026.
- CHUA, Chee Kai; LEONG, Kah Fai; LIM, Chu Sing. **Rapid prototyping: principles and applications**. 3. ed. Singapore: World Scientific, 2010. Disponível em: https://www.academia.edu/35279379/Rapid_Prototyping_Chua_Chee_Kai_Leong_Kah_Fai_Lim_Chua_sing. Acesso em: 31 mar. 2026.
- DMS CNC ROUTERS. **Fagor CNC 8055 catalog**. Disponível em: <https://dmscncrouters.com/wp-content/uploads/2016/05/Fagor-CNC-8055-Catalog-English1.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2026.
- EDGE CAM (HEXAGON MANUFACTURING INTELLIGENCE). **EDGECAM user documentation**. 2024. Disponível em: <https://hexagon.com/products/product-groups/computer-aided-manufacturing-cad-cam-software/edgecam>. Acesso em: 31 mar. 2026.

- FAGOR AUTOMATION. CNC 8055 downloads.** Disponível em: <https://www.fagorautomation.com/en/descargas/cnc-8055/>. Acesso em: 03 mar. 2026.
- GROOVER, Mikell P. **Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing**. 4. ed. Boston: Pearson, 2015. Disponível em: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/automation-production-systems-and-computer-integrated-manufacturing/P200000003127>. Acesso em: 31 mar. 2026.
- HITOP INDUSTRIAL. **G and M Codes: CNC Programming Reference Guide**. Disponível em: <https://hitopindustrial.com/g-and-m-codes/>. Acesso em: 31 mar. 2026.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6983: numerical control of machines — program format and definition of address words**. Geneva, 2009. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/34608.html>. Acesso em: 31 mar. 2026.
- INYLBRA. **Site institucional**. Disponível em: <https://www.inylbra.com.br>. Acesso em: 03 mar. 2026.
- KALPAKJIAN, Serop; SCHMID, Steven R. **Manufacturing engineering and technology**. 7. ed. Boston: Pearson, 2014. Disponível em: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/manufacturing-engineering-and-technology/P200000003212>. Acesso em: 31 mar. 2026.
- MASTERCAM. **Site oficial**. Disponível em: <https://www.mastercam.com>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- NUM AG. NUMROTO Flash download.** Disponível em: <https://www.num.com/company/downloads/numroto-flash>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- SILVA, Andrea. [Tese de doutorado]. São Paulo: **Universidade de São Paulo**, 2013. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-26072013-114724/publico/Tese_AndreaSilva_unproctected.pdf. Acesso em: 12 maio 2026.
- SINTEGRA PR. Consulta cadastro estadual.** Disponível em: <http://www.sintegra.fazenda.pr.gov.br/sintegra/>. Acesso em: 31 mar. 2026.
- SKA. **Software de usinagem Edgecam.** Disponível em: <https://www.ska.com.br/produtos/edgecam/software-de-usinagem/>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- SMID, Peter. **CNC programming handbook**. 3. ed. New York: Industrial Press, 2009. Disponível em: <https://www.industrialpress.com/cnc-programming-handbook/>. Acesso em: 31 mar. 2026.
- SPRUTCAM. Download do software.** Disponível em: <https://sprutcam.com/download/>. Acesso em: 17 mar. 2026.
- XU, Xun; WANG, Lihui; NEWMAN, **Stephen T. Computer-aided process planning: a critical review of recent developments and future trends. International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 24, n. 1, p. 1–31, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/220381608_Computer-aided_process_planning-A_critical_review_of_recent_developments_and_future_trends. Acesso em: 31 mar. 2026.
- YOUTUBE. **Vídeo técnico sobre CNC**. Disponível em: <https://youtu.be/M1vO6Rzp0X0>. Acesso em: 03 mar. 2026.
- YOUTUBE. **Vídeo técnico sobre CNC**. Disponível em: <https://youtu.be/acFYPgclfQY>. Acesso em: 03 mar. 2026.



Esta obra está licenciada com Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.