Artigo recebido em 01/09/2026
Publicado em 12/11/2026

Revista SODEBRAS – Volume 21
N° 225 – Janeiro/Dezembro 2026

MODELO INTEGRADO PARA PROGRAMAÇÃO E OPERAÇÃO DE TORNOS CNC E CENTROS DE USINAGEM NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

INTEGRATED MODEL FOR PROGRAMMING AND OPERATION OF CNC LATHES AND MACHINING CENTERS IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

Joao Batista Ferreira Brito[1]

Resumo – Este artigo propõe um modelo integrado para orientar a programação e a operação de tornos CNC e centros de usinagem, articulando programação, validação, setup, operação, controle da qualidade, manutenção, segurança, ergonomia e tecnologias da Indústria 4.0. O estudo adota abordagem qualitativa, de natureza bibliográfica e propositiva. A literatura selecionada foi analisada por categorias temáticas, permitindo identificar que os trabalhos consultados tratam, em geral, de dimensões específicas do processo CNC, enquanto a integração entre desempenho técnico, segurança operacional, manutenção e conectividade aparece de forma fragmentada. Como contribuição, apresenta-se um framework conceitual em cinco etapas, apoiado por dimensões transversais, destinado a organizar decisões operacionais e a favorecer a melhoria contínua. A análise comparativa indica que a proposta reúne, em uma mesma estrutura, elementos recorrentes da literatura sobre precisão, produtividade, prevenção de falhas, qualificação profissional e segurança. O modelo não substitui validação experimental e deve ser testado em estudos futuros com indicadores de tempo de setup, retrabalho, disponibilidade, qualidade e ocorrências de segurança.

Palavras-chave: Torno CNC. Centro de usinagem. Programação CNC. Automação industrial. Indústria 4.0. Segurança.

Abstract – This article proposes an integrated model to guide the programming and operation of CNC lathes and machining centers by combining programming, validation, setup, operation, quality control, maintenance, safety, ergonomics, and Industry 4.0 technologies. The study adopts a qualitative, bibliographic, and propositional approach. The selected literature was analyzed through thematic categories, showing that the consulted studies generally address specific dimensions of CNC processes, whereas the integration of technical performance, operational safety, maintenance, and connectivity remains fragmented. As its main contribution, the article presents a five-stage conceptual framework supported by transversal dimensions, intended to organize operational decisions and promote continuous improvement. The comparative analysis indicates that the proposal brings together, within a single structure, recurring elements in the literature concerning precision, productivity, failure prevention, professional qualification, and safety. The model does not replace experimental validation and should be tested in future studies using indicators such as setup time, rework, availability, quality, and safety occurrences.

Keywords: CNC lathe. Machining center. CNC programming. Industrial automation. Industry 4.0. Safety.

[1] Joao Batista Ferreira Brito - Proprietário, fundador e diretor na empresa Omega ferramentas LTDA.

Artigo recebido em 01/09/2026
Publicado em 12/11/2026

Revista SODEBRAS – Volume 21
N° 225 – Janeiro/Dezembro 2026

I. INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias de automação e do Comando Numérico Computadorizado (CNC) transformou os processos de fabricação, ampliando a precisão, a repetibilidade e a produtividade na produção de componentes mecânicos. Tornos CNC e centros de usinagem passaram a ocupar posição central na manufatura moderna, ao mesmo tempo em que a Indústria 4.0 ampliou a integração entre máquinas, sistemas digitais, sensores e dados de produção (SILVA; REIS FILHO, 2022; LIMA et al., 2023).

Apesar dessa evolução, a eficiência de uma operação CNC não depende exclusivamente da capacidade tecnológica do equipamento. Programação inadequada, falhas de setup, manutenção insuficiente, limitações de capacitação e condições inseguras ou ergonomicamente inadequadas podem comprometer qualidade, produtividade e confiabilidade. Estudos consultados abordam esses aspectos sob diferentes perspectivas, como automação, otimização de parâmetros, segurança, ergonomia e adaptação de equipamentos (MARQUES, 2017; SOUZA, 2019; MÜLLER, 2021).

Nesse contexto, o problema de pesquisa é definido pela seguinte questão: como organizar, de forma integrada, os principais elementos técnicos e humanos relacionados à programação e à operação de tornos CNC e centros de usinagem, de modo a apoiar eficiência, segurança e qualidade no ambiente industrial? O objetivo geral é propor um modelo conceitual integrado para programação e operação CNC. Como objetivos específicos, busca-se: identificar dimensões recorrentes na literatura; relacionar programação, operação, manutenção, segurança e automação; estruturar essas dimensões em um fluxo operacional; e discutir indicadores que possam ser utilizados em validações futuras.

A contribuição científica do estudo consiste na síntese e organização dessas dimensões em um framework conceitual único, denominado neste trabalho Modelo Integrado de Programação e Operação CNC (MIPO-CNC). O diferencial da proposta está em não tratar programação, operação, manutenção e segurança como tópicos isolados, mas como componentes interdependentes de um ciclo de melhoria contínua. Em termos sociais e organizacionais, a proposta pode apoiar a padronização de práticas, a qualificação profissional e a prevenção de riscos, sem presumir ganhos quantitativos ainda não testados empiricamente.

Após esta introdução, a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica; a Seção 3 descreve a metodologia e o desenvolvimento do modelo; a Seção 4 apresenta e discute os resultados da análise bibliográfica e a estrutura proposta; e a Seção 5 reúne as conclusões, limitações e perspectivas de validação.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 – Evolução, funcionamento e programação CNC

A evolução das máquinas-ferramenta conduziu de sistemas manuais a equipamentos controlados por computador, permitindo maior flexibilidade e precisão. O torno CNC executa movimentos programados e utiliza sistemas de controle capazes de coordenar eixos, ferramentas e parâmetros de processo (SILVA; REIS FILHO, 2022). A programação emprega, entre outros recursos, códigos G e M, responsáveis por movimentos geométricos e funções auxiliares. A integração CAD/CAM reduziu etapas

Artigo recebido em 01/09/2026
Publicado em 12/11/2026

Revista SODEBRAS – Volume 21
N° 225 – Janeiro/Dezembro 2026

manuais e ampliou as possibilidades de simulação e validação das trajetórias antes da usinagem (MÜLLER, 2021; LIMA et al., 2023).

A qualidade do programa interfere no tempo de produção, na precisão e no uso das ferramentas. A simulação computacional contribui para identificar colisões e inconsistências antes da execução, enquanto ciclos e sub-rotinas favorecem a padronização de operações repetitivas. Em centros de usinagem, a execução de diferentes operações em uma mesma fixação amplia a flexibilidade do processo (ZAVELINSKI, 2017).

2.2 – Operação, manutenção, segurança e ergonomia

A operação CNC envolve setup, definição de referências, fixação da peça e das ferramentas, inserção ou transferência do programa, execução e supervisão. A manutenção preventiva e, quando disponível, o monitoramento preditivo são relevantes para preservar precisão e disponibilidade do equipamento (SOUZA, 2019). A qualificação do operador permanece essencial, pois a automação desloca parte do trabalho físico para atividades de programação, supervisão, interpretação de alarmes e tomada de decisão (MARQUES, 2017).

A segurança deve acompanhar todas as etapas do processo. Bernardini (2019) destaca a aplicação da NR-12 e a necessidade de dispositivos de proteção, parada de emergência e medidas de prevenção. A ergonomia também deve considerar aspectos físicos, organizacionais e cognitivos, incluindo postura, iluminação, disposição dos comandos e carga informacional da interface (MARQUES, 2017).

2.3 – Indústria 4.0 e automação inteligente

No contexto da Indústria 4.0, máquinas CNC podem ser integradas a sensores, redes industriais e sistemas de supervisão, possibilitando coleta de dados e monitoramento em tempo real (LIMA et al., 2023). A literatura consultada também aponta o emprego de técnicas de otimização para parâmetros de corte e de soluções voltadas à automação e adaptação de equipamentos (MÜLLER, 2021; SOUZA, 2019). Esses recursos reforçam a necessidade de tratar programação, operação, manutenção e segurança como partes conectadas de um mesmo sistema produtivo.

III. METODOLOGIA

A pesquisa é qualitativa, bibliográfica e propositiva. Seu propósito não é medir experimentalmente o desempenho de uma máquina específica, mas construir uma proposta conceitual a partir da síntese dos elementos recorrentes nas fontes selecionadas. Foram considerados artigos, trabalhos de conclusão de curso e monografias em língua portuguesa, publicados principalmente entre 2017 e 2023, relacionados à programação e operação CNC, automação, otimização de parâmetros, segurança, ergonomia e manutenção.

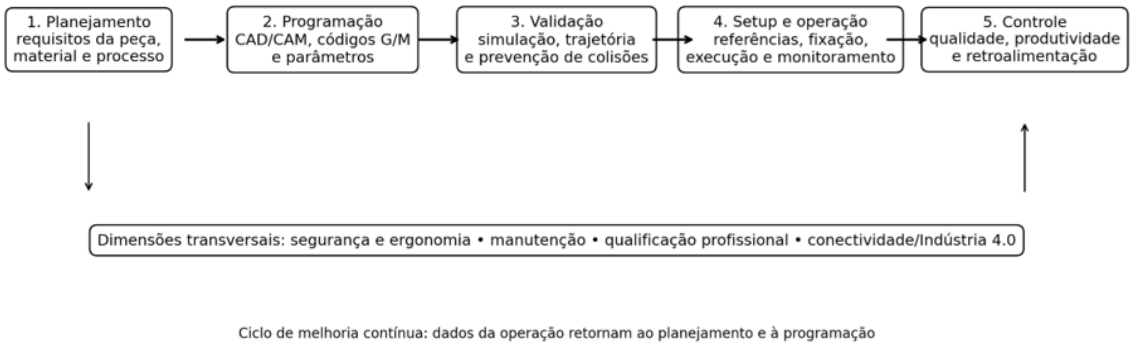
A construção do MIPO-CNC ocorreu em quatro etapas. Na primeira, realizou-se leitura temática das referências utilizadas no estudo. Na segunda, os conteúdos foram agrupados em categorias: programação; validação/simulação; setup e operação; qualidade e produtividade; manutenção; segurança e ergonomia; qualificação profissional; e conectividade/Indústria 4.0. Na terceira, as categorias foram relacionadas segundo a sequência lógica de uma operação CNC. Na quarta, foi elaborado o framework conceitual e definida uma matriz de análise para verificar quais dimensões são contempladas pelas referências centrais.

Artigo recebido em 01/09/2026
Publicado em 12/11/2026

Revista SODEBRAS – Volume 21
N° 225 – Janeiro/Dezembro 2026

A proposta é conceitualmente implementada como um ciclo em cinco etapas: (1) planejamento; (2) programação; (3) validação; (4) setup e operação; e (5) controle. Segurança e ergonomia, manutenção, qualificação profissional e conectividade são dimensões transversais. O resultado do controle retroalimenta o planejamento e a programação, caracterizando um processo de melhoria contínua. A Figura 1 apresenta essa estrutura.

Figura 1 – Modelo Integrado de Programação e Operação CNC (MIPO-CNC)



Fonte: Elaboração do autor, com base na síntese das referências analisadas.

Por se tratar de um estudo bibliográfico e propositivo, a implementação apresentada é conceitual. Não foram realizados ensaios em ambiente industrial nem coletados dados primários. Assim, qualquer ganho quantitativo associado ao modelo deve ser entendido como hipótese a ser testada, e não como resultado comprovado deste estudo.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das referências evidencia que a literatura consultada converge quanto à importância da precisão, da automação e da capacitação, mas distribui esses elementos em focos distintos. Silva e Reis Filho (2022) enfatizam evolução e características do torno CNC; Marques (2017) concentra-se nas condições de saúde e segurança; Souza (2019) aborda reforma e automação; Müller (2021) discute otimização de parâmetros de corte; Lima et al. (2023) relacionam segurança e eficiência à Indústria 4.0; e Zavelinski (2017) trata do projeto de torno CNC e de possibilidades de automação. Essa dispersão sustenta a utilidade de uma estrutura integradora.

A Tabela 1 sintetiza, com base no escopo atribuído às fontes ao longo deste estudo, a relação entre as referências centrais e as dimensões do MIPO-CNC. O quadro não pretende substituir uma revisão sistemática nem atribuir ausência absoluta de temas às obras; ele registra apenas as dimensões efetivamente mobilizadas na presente análise.

Artigo recebido em 01/09/2026
Publicado em 12/11/2026

Revista SODEBRAS – Volume 21
N° 225 – Janeiro/Dezembro 2026

Tabela 1 – Síntese das dimensões mobilizadas pelas referências na construção do MIPO-CNC.

Referência	Programação/ operação	Otimização/ automação	Manutenção	Segurança/ ergonomia	Indústria 4.0
Silva; Reis Filho (2022)	X	X			
Marques (2017)	X			X	
Souza (2019)	X	X	X		
Müller (2021)	X	X			
Lima et al. (2023)	X	X		X	X
Zavelinski (2017)	X	X			
Bernardini (2019)				X	
Noronha (2023)	X	X			

Fonte: Elaboração do autor

O primeiro resultado do estudo é, portanto, a identificação de uma lacuna de integração no conjunto bibliográfico utilizado: os elementos necessários a uma operação CNC eficiente e segura aparecem distribuídos entre diferentes enfoques. O MIPO-CNC responde a essa lacuna em nível conceitual ao organizar esses elementos em uma sequência operacional comum e acrescentar dimensões transversais.

Na etapa de planejamento, são definidos requisitos da peça, material, recursos e condições de processo. Na programação, esses requisitos são convertidos em trajetórias, comandos e parâmetros. A validação busca reduzir a probabilidade de erros antes da execução, por meio de conferência e simulação. O setup e a operação concentram a preparação física e a execução monitorada. Por fim, o controle considera conformidade da peça, produtividade e ocorrências do processo, gerando informações para ajustes futuros.

A principal contribuição da proposta é permitir que decisões tradicionalmente tratadas de modo separado sejam analisadas de forma conjunta. Por exemplo, a busca por redução do tempo de ciclo não deve desconsiderar segurança, desgaste de ferramentas ou capacidade do operador. Da mesma forma, recursos de conectividade e monitoramento só produzem valor quando associados a critérios de decisão e a práticas de manutenção e qualificação.

Como não houve aplicação experimental, o presente estudo não afirma redução percentual de tempo, custos ou acidentes. Para validação futura, recomenda-se aplicar o MIPO-CNC em uma célula de usinagem e comparar indicadores antes e depois da adoção do modelo. Entre os indicadores possíveis estão: tempo de setup; tempo de ciclo; taxa de retrabalho; quantidade de peças não conformes; disponibilidade do equipamento; paradas

Artigo recebido em 01/09/2026
Publicado em 12/11/2026

Revista SODEBRAS – Volume 21
N° 225 – Janeiro/Dezembro 2026

não planejadas; vida útil de ferramentas; e registros de desvios de segurança. Essa etapa permitiria transformar a contribuição conceitual em evidência empírica.

V. CONCLUSÃO

O estudo teve como objetivo propor um modelo conceitual integrado para programação e operação de tornos CNC e centros de usinagem no contexto da Indústria 4.0. A análise bibliográfica mostrou que programação, automação, manutenção, segurança, ergonomia e qualificação profissional são dimensões relevantes, porém aparecem com diferentes graus de ênfase nas fontes consultadas.

Como contribuição científica, foi desenvolvido o MIPO-CNC, estruturado em cinco etapas — planejamento, programação, validação, setup e operação, e controle — apoiadas pelas dimensões transversais de segurança e ergonomia, manutenção, qualificação profissional e conectividade. A proposta oferece uma forma de organizar conhecimentos dispersos em um fluxo único, explicitando a interdependência entre desempenho técnico e fatores humanos.

A contribuição prática potencial está na utilização do modelo como referência para padronização de rotinas, treinamento e avaliação de processos CNC. Seu impacto social potencial relaciona-se à valorização de condições seguras de trabalho e à qualificação dos profissionais envolvidos em ambientes produtivos cada vez mais automatizados.

A principal limitação é a ausência de validação empírica. O trabalho não coletou dados primários nem realizou experimentos industriais; portanto, não é possível afirmar ganhos quantitativos decorrentes da aplicação do modelo. Estudos futuros devem testar o MIPO-CNC em diferentes equipamentos e contextos produtivos, utilizando indicadores objetivos de qualidade, produtividade, disponibilidade, manutenção e segurança, além de comparar os resultados com práticas operacionais existentes.

VI. REFERÊNCIAS

BERNARDINI, J. V. Proposta de implantação NR 12 em um torno mecânico universal. 2019. **Monografia. Universidade do Sul de Santa Catarina**, Tubarão, SC, 2019.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: **Atlas**, 2019.

LIMA, Claudio de Oliveira; SALAZAR, Eusenrarl dos Santos; SANTIS, Sandra Helena da Silva; NUNES, Samuel Fernandes. Segurança e eficiência na Indústria 4.0: processos de usinagem em torno CNC. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 9, n. 10, out. 2023.

MARQUES, Joele dos Santos. Projeto do trabalho em um torno CNC: da análise à sugestão de adequações das condições de saúde e segurança. 2017. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

MÜLLER, J. P. Otimização de parâmetros de corte em torneamento CNC utilizando algoritmos genéticos. 2021. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Santa Catarina, Xanxerê, SC, 2021.

NORONHA, Robertson Lombardo. CNC a laser. 2023. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Técnico em Mecatrônica), São Carlos, SP, 2023.

SILVA, Sandro Oliveira da; REIS FILHO, Ramilio Ramalho. Torno CNC: evolução, características e importância para a usinagem. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 1, p. 313-

Artigo recebido em 01/09/2026
Publicado em 12/11/2026

Revista SODEBRAS – Volume 21
N° 225 – Janeiro/Dezembro 2026

326, 2022.

SOUZA, Samantha Pereira de. Reforma e automação de um torno CNC. 2019. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Betim, Betim, MG, 2019.

ZAVELINSKI, Aron Letchacovski. Projeto de torno CNC para prototipagem rápida e outros usos. 2017. **Monografia** (Especialização em Automação Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são o único responsável pelo material incluído no artigo.

VIII. DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O autor declara o uso de ferramenta de inteligência artificial como apoio à formatação e à organização editorial deste manuscrito. O conteúdo científico, a análise crítica, a conferência das referências e a responsabilidade intelectual pelo texto final permanecem sob responsabilidade do autor João Batista Ferreira Brito.