

# TOLERÂNCIA DIMENSAIONAL E GEOMÉTRICA: ESTUDO COMPARATIVO NO PROCESSO DE MADRILAMENTO DE FUROS EM AÇO CARBONO

## DIMENSIONAL AND GEOMETRIC TOLERANCE: A COMPARATIVE STUDY IN THE BORING PROCESS OF HOLES IN CARBON STEEL

Wallyson Thomas Alves da Silva<sup>1, i</sup>

Marcus Vinicius Begossi<sup>2, ii</sup>

Aldo Roberto Pereira<sup>3, iii</sup>

Eder Kleper Barbosa Tasso<sup>4, iv</sup>

### RESUMO

A crescente demanda por furos calibrados, rápidos e precisos em processos de usinagem com ferramentas de geometria definida (madrilamento) requer métodos que combinem qualidade e eficiência. Este estudo apresenta uma análise comparativa da influência do sobre metal deixado nos furos para calibração, a partir da avaliação das tolerâncias dimensionais e geométricas, com foco em erros de paralelismo e circularidade. Foram realizados seis furos em dois blocos de aço SAE 1045, usinados inicialmente por interpolação helicoidal em centro de usinagem CNC, utilizando fresa de topo de metal duro. Cada furo recebeu um valor diferente de sobre metal, sendo posteriormente calibrado por mandrilamento com mandril expansivo. As medições, realizadas em máquina de medição tridimensional, indicaram que, em relação à circularidade, não ocorreram variações significativas entre os furos. Contudo, observou-se que, quanto maior o sobre metal, maior a tendência dos diâmetros dos furos a se reduzirem levemente, embora dentro das tolerâncias especificadas pela norma ISO/ABNT (NBR 6158).

**Palavras-chave:** Mandrilamento; Tolerância dimensional; Usinagem.

### ABSTRACT

The growing demand for fast and precise calibrated holes in machining processes with defined geometry tools (boring) requires methods that combine quality and efficiency. This study presents a comparative analysis of the influence of the machining allowance left in holes for calibration, based on dimensional and geometrical tolerances, focusing on parallelism and circularity errors. Six holes were machined in two SAE 1045 steel blocks, initially processed by helical interpolation in a CNC machining center using a solid carbide end mill. Each hole was left with a different machining allowance and subsequently calibrated by boring with an expandable tool. Measurements performed on a coordinate measuring machine indicated that, regarding circularity, no significant variations were found among the holes. However, results showed that the greater the machining allowance, the smaller the final diameter of the bored holes, although within the tolerances specified by ISO/ABNT (NBR 6158).

<sup>1</sup> Professor Adjunto II - Faculdade SENAI "Roberto Mange". E-mail: wallyson.silva@sp.senai.br

<sup>2</sup> Coordenador de Atividades Técnicas. Faculdade SENAI "Roberto Mange". E-mail: mbegossi@sp.senai.br

<sup>3</sup> Professor Especialista. Faculdade SENAI "Roberto Mange". E-mail: aldo.pereira@sp.senai.br

<sup>4</sup> Instrutor de Formação Profissional II. Escola Senai "Conde Alexandre Siciliano". E-mail: eder.tasso@sp.senai.br

**Keywords:** Boring process; Dimensional tolerance; Machining.

## 1 INTRODUÇÃO

O mandrilamento é amplamente utilizado na usinagem de furos de desbaste e acabamento, garantindo tolerâncias dimensionais e geométricas como cilíndricidade e circularidade. Para operações com mandril expansivo, é necessário um sobre metal adequado, de modo a assegurar o acabamento final e evitar retrabalhos.

A qualidade superficial das peças, a produtividade das máquinas-ferramenta e a redução de custos são aspectos fundamentais para a indústria, que constantemente busca inovações em ferramentas de mandrilamento. Nesse contexto, este estudo investiga a influência do valor de sobre metal deixado em furos de aço carbono 1045 sobre os resultados dimensionais e geométricos após o mandrilamento.

### 1.1 Problema de pesquisa

Qual é a influência do valor de sobre metal deixado nos furos sobre a precisão dimensional e geométrica após o mandrilamento em aço carbono 1045?

### 1.2 Objetivo(s)

Avaliar, por meio de medições em máquina tridimensional, a influência do sobre metal no processo de mandrilamento, considerando tolerâncias de circularidade, paralelismo e diâmetro.

### 1.3 Justificativa

A definição adequada do sobre metal pode reduzir retrabalhos, melhorar a qualidade dimensional e geométrica dos furos e aumentar a eficiência produtiva, atendendo às exigências industriais de precisão e custo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Sandvik (2018), o mandrilamento é um processo de usinagem de superfícies de revolução realizado com uma ou mais ferramentas de corte fixadas em barra de mandril, podendo a peça ou a ferramenta executar o movimento de rotação.

PEREIRA (2023) destaca que o mandrilamento permite aumentar o diâmetro de pré-furos, garantindo boa qualidade de forma, acabamento superficial e tolerâncias dimensionais rigorosas. A qualidade dos resultados depende de fatores como geometria e material da ferramenta, material da peça, rigidez da máquina-ferramenta, condições de corte e fixação da peça.

## 3 METODOLOGIA

Foram utilizados dois blocos de aço carbono ABNT 1045, previamente esquadrejados, com dimensões de 36 × 25 × 120 mm. Em cada bloco, foram realizados três furos por interpolação helicoidal, utilizando fresa de topo de metal duro de 16 mm em centro de

usinagem CNC Discovery D760.

Cada furo recebeu sobre metal diferente no diâmetro (0,1 a 0,6 mm). Os furos foram finalizados por mandrilamento com cabeçote expansivo de microcápsula e pastilha intercambiável, sob os seguintes parâmetros: rotação de 826 rpm, velocidade de corte de 65 m/min, avanço de 0,1 mm/aresta e avanço de usinagem de 400 mm/min.

As dimensões mostrados na Figura 1 resultantes foram: furo 1: 24,9 mm, furo 2: 24,8 mm, furo 3: 24,7 mm, furo 4: 24,6 mm, furo 5: 24,5 mm e furo 6: 24,4 mm.

As medições de diâmetro, circularidade e cilindricidade foram realizadas em uma Máquina de Medição por Coordenadas (MMC) modelo Crysta-Apex C574, operada via software PRRT (M Cosmos V2.3R Edi8).



Figura 1. Corpos de prova com furos de 1 a 6 mandrilados.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das medições ilustrados nas Figura 2 e Figura 3 demonstraram que a circularidade dos seis furos manteve-se estável, sem variações significativas. Já em relação ao diâmetro, observou-se que quanto maior o sobre metal, maior a tendência do furo final apresentar um diâmetro ligeiramente reduzido em comparação ao valor nominal.

A análise dos gráficos de medição evidenciou que as faces inferiores dos furos apresentaram maior variação dimensional em relação às superiores, indicando leve conicidade. No entanto, todas as medidas permaneceram dentro da tolerância H7, conforme especificado pela norma ISO/ABNT (NBR 6158).



Figura 2. Dimensões dos furos na face superior e inferior dos corpos de prova de furo 1 a furo 6.

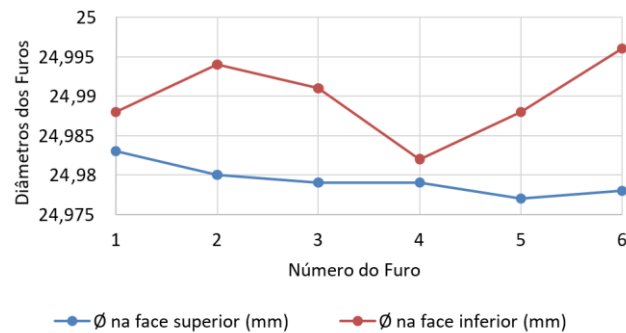


Figura 3. Resultado das medições dos furos nas faces superior e inferior dos corpos de prova.

## 5 CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que o valor do sobre metal influencia diretamente no diâmetro final dos furos após o mandrilamento. Furos com maior sobre metal apresentaram tendência a diâmetros menores, ainda que dentro das tolerâncias especificadas. A circularidade manteve-se constante em todas as amostras, indicando que a variação dimensional está associada principalmente ao diâmetro e ao paralelismo. Os resultados confirmam a importância do controle adequado do sobre metal para garantir eficiência produtiva e precisão dimensional sem necessidade de retrabalhos.

## REFERÊNCIAS

SANDVIK Coromant. (2018). Boring – Machining solutions. Disponível em: [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com).

PEREIRA, Pedro Paulo Spagnolo. Desenvolvimento de uma metodologia para usinagem econômica em um processo de torneamento e mandrilamento em uma indústria não automatizada. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/17707>

## SOBRE O(S)AUTOR(ES)

### Sobre os autores:

---

#### i **WALLYSON THOMAS ALVES DA SILVA**



Possui Pós-doutorado em Engenharia Mecânica no Karlsruhe Institute of technology (KIT) na Alemanha em 2025. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Usinagem dos metais. É Professor Adjunto II da Escola e Faculdade SENAI “Roberto Mange” em Campinas - SP.

#### ii **MARCUS VINICIUS BEGOSSI**



Possui graduação em Ciência da Computação pela Faculdade Anhanguera (2000), Especialização em MBA em Gestão de projetos pela ela Faculdade Anhanguera (2009) e Mestrado (2015) em Engenharia da Produção pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Atualmente é Coordenador Técnico da Faculdade de Tecnologia SENAI "Roberto Mange". Tem experiência na área de Automação, com ênfase em Gestão de projetos.

#### iii **ALDO ROBERTO PEREIRA**



Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Anhanguera de São Paulo (2010), com especialização em Metodologia de Ensino na Educação Superior pela Uninter (2015), cursando atualmente Mestrado em Solidificação de Metais, Ligas e Compósitos pela Unicamp (2024). Experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em projetos de produtos para indústria automotiva e moldes para injeção de termoplásticos. Atualmente é professor especialista da Faculdade SENAI de Tecnologia, lecionando as disciplinas Projeto de Ferramentas no curso Tecnológico em Fabricação Mecânica.

#### iv **EDER KLEPER BARBOSA TASSO**



Possui graduação em Engenharia da Produção pela faculdade Uninter polo universitário Rio Grande do Sul concluído em (2013). Especialização em Usinagens Especiais pela Faculdade Senai de Tecnologia concluído no ano de 2023. Experiência em Usinagens com ênfase em desenvolvimento de ferramentas de corte para usinagem. Instrutor Senai na Área de Usinagem com máquinas a CNC 4 e 5 eixos.