

UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CMM E PERFILÔMETRO

A COMPARATIVE STUDY BETWEEN CMM AND PROFILOMETER

Wallyson Thomas Alves da Silva^{1, i}
Marcus Vinicius Begossi^{2, ii}

RESUMO

A medição precisa de tolerâncias geométricas é fundamental para a qualidade de peças cilíndricas. Este trabalho compara o desempenho de uma máquina de medição por coordenadas (CMM) e de um perfilômetro na determinação de circularidade e cilindridade. Foram avaliadas três peças, obtendo-se medidas mais consistentes com o perfilômetro devido à sua maior resolução e análise contínua do perfil. Os resultados indicam que, para peças cilíndricas, o perfilômetro apresenta maior confiabilidade.

Palavras-chave: Perfilômetro, Cilindridade, Circularidade.

ABSTRACT

Accurate measurement of geometric tolerances is essential for the quality of cylindrical parts. This study compares the performance of a coordinate measuring machine (CMM) and a profilometer in determining roundness and cylindricity. Three parts were evaluated, with the profilometer providing more consistent results due to its higher resolution and continuous profile analysis. For cylindrical parts, the profilometer proved more reliable.

Keywords: Profilometer, Cylindricity, Circularity.

1 INTRODUÇÃO

No controle dimensional de peças cilíndricas, parâmetros como circularidade e cilindridade são determinantes para o desempenho e a durabilidade em aplicações mecânicas. A circularidade representa a proximidade de um perfil real a um círculo ideal, enquanto a cilindridade avalia o desvio de um cilindro em relação à sua geometria perfeita. Pequenas imprecisões podem comprometer o funcionamento, gerar vibrações, desgaste prematuro e falhas de montagem, como destacado por Leach (2014), ao discutir a relevância das especificações geométricas para a confiabilidade funcional dos sistemas mecânicos.

O avanço tecnológico permitiu o uso de equipamentos de alta precisão, como máquinas de medição por coordenadas (CMM) e perfilômetros. Apesar de ambos realizarem medições geométricas, diferem no princípio de operação: a CMM mede pontos específicos, enquanto o perfilômetro realiza varredura contínua do perfil. Essa diferença metodológica pode impactar diretamente na confiabilidade dos resultados.

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

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

Segundo Leach (2014), a natureza pontual da CMM pode levar à perda de informações sobre microvariações da superfície, ao passo que o perfilômetro, por meio da varredura contínua, capta irregularidades locais com maior resolução, fornecendo um retrato mais fiel do perfil real. Em complemento, Sladek (2016) ressalta que a eficácia da CMM está diretamente ligada à estratégia de amostragem e ao número de pontos coletados, sendo essencial definir metodologias adequadas para evitar interpretações distorcidas da geometria medida.

1.1 Problema de pesquisa

Qual dos equipamentos, Perfilômetro ou máquina tridimensional, oferece melhor precisão e confiabilidade na medição de erros geométricos (circularidade e cilindridade) em peças cilíndricas?

1.2 Objetivo(s)

Comparar os resultados obtidos por Perfilômetro e máquina tridimensional na medição de circularidade e cilindridade em peças cilíndricas, avaliando qual equipamento apresenta maior precisão e confiabilidade para este tipo de aplicação.

1.3 Justificativa

Garantir a qualidade dimensional e geométrica das peças cilíndricas é fundamental para o funcionamento adequado em suas aplicações finais. A escolha do equipamento de medição correto reduz erros, retrabalhos e perdas, além de garantir a conformidade com especificações técnicas exigidas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O controle geométrico de peças é parte fundamental do processo de fabricação. Segundo Whitehouse (2002), a análise de formas como circularidade e cilindridade é essencial para garantir desempenho funcional e integridade dimensional. Conforme JCGM 200 (2008), a confiabilidade da medição depende não apenas do operador, mas também da resolução e do princípio de operação do equipamento, que podem introduzir diferentes fontes de incerteza.

3 METODOLOGIA

Foram avaliadas três peças cilíndricas em dois equipamentos:

- Perfilômetro Talyrond 130: alcance de 2 mm, resolução normal de 1,18 μm (máxima de 6 nm), desvio menor que 0,40 mm, apalpador com pressão de 0,5 N e leitura contínua do perfil completo.
- Máquina tridimensional Crysta Apex C 574: velocidade máxima de 520 mm/s, precisão de 1,7 μm , controle de temperatura, autoajuste e compensação de vibrações, medindo pontos discretos (40 pontos: 4 camadas com 10 pontos cada).

As peças foram fixadas rigidamente para evitar deslocamento e medidas nas mesmas condições ambientais. Foram obtidos valores de cilindridade e circularidade, e calculados os desvios-padrão para cada peça a partir das medições dos dois equipamentos

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1, observa-se que a forma das peças é, em geral, relativamente concêntrica, porém com deformações discretas na peça 1 e acentuadas na peça 2. O espaçamento visível entre os pontos de medição evidencia a ausência de varredura contínua, o que pode tanto mascarar pequenas imperfeições quanto amplificar irregularidades locais. Essa limitação explica os elevados valores de circularidade apresentados na Tabela 1, especialmente para a peça 2, cujo traçado revela um desvio radial mais pronunciado.

Por outro lado, na Figura 2, as medições apresentam um traçado contínuo e detalhado do perfil real, revelando ondulações e variações radiais de forma muito mais suave e realista. Na peça 1 (a), o perfil exhibe pequenas oscilações de baixa amplitude, compatíveis com o valor de $5,95 \mu\text{m}$ registrado. Na peça 2 (b), apesar de uma leve elevação em determinada região, o desvio total é extremamente baixo ($5,94 \mu\text{m}$), contrastando fortemente com o valor obtido pela CMM. Já na peça 3 (c), verifica-se maior irregularidade em relação às demais, porém o valor medido ($17,93 \mu\text{m}$) permanece muito inferior ao registrado pela CMM ($191 \mu\text{m}$). O padrão observado confirma que o perfilômetro, por realizar varredura contínua, capta microvariações com alta resolução sem amplificar desvios provocados por amostragem esparsa.

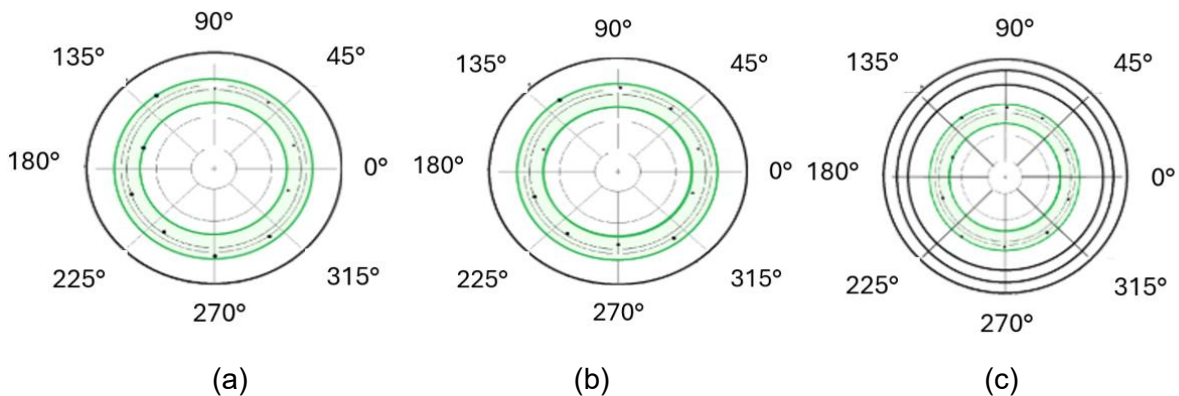


Figura 1. Medição de circularidade das (a) peça 1, (b) peça 2 e (c) peça 3 com Tridimensional crista apex c 574.

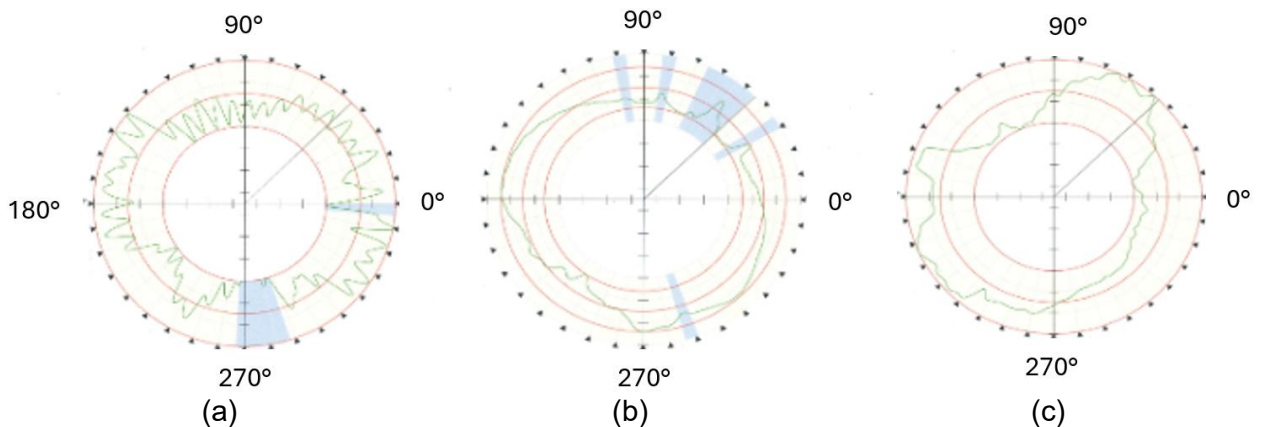


Figura 2. Medição de circularidade das (a) peça 1, (b) peça 2 e (c) peça 3 com Perfilômetro Talyrond 130.

Em relação à Tabela 1, para a cilindridade, todas as peças apresentaram valores mais altos quando medidas pela CMM em comparação ao perfilômetro. Por exemplo, na peça 3, a CMM indicou 178 μm , enquanto o perfilômetro registrou 83,75 μm . Os desvios-padrão variaram de 25,99 μm (peça 2) a 66,64 μm (peça 3), indicando que, embora consistentes, as diferenças na cilindridade são menos expressivas do que as observadas na circularidade.

Quanto à circularidade, as discrepâncias foram muito mais significativas. A CMM mediu, por exemplo, 433 μm para a peça 2, enquanto o perfilômetro detectou apenas 5,94 μm . Os desvios-padrão foram elevados: 101,86 μm (peça 1), 301,98 μm (peça 2) e 122,38 μm (peça 3). Esses valores sugerem que a CMM tende a superestimar desvios de circularidade, possivelmente devido ao número reduzido de pontos medidos (40 pontos), o que aumenta a influência de pequenas imperfeições detectadas pontualmente.

Tabela 1. Comparação das medições de circularidade e cilindridade realizadas na tridimensional e perfilômetro em μm .

Cilindridade tridimensional [μm]		Cilindridade Perfilômetro [μm]	desvios-padrão [μm]
Peça 1	144	106,25	26,69
Peça 2	87	50,25	25,99
Peça 3	178	83,75	66,64
Circularidade tridimensional [μm]		Circularidade Perfilômetro [μm]	desvios-padrão [μm]
Peça 1	150	5,95	101,86
Peça 2	433	5,94	301,98
Peça 3	191	17,93	122,38

De forma geral, os resultados mostram que o perfilômetro registrou valores significativamente menores para circularidade e cilindridade em todas as peças, indicando maior capacidade de detectar desvios sutis no perfil. Os elevados desvios-padrão obtidos na circularidade pela CMM, como no caso da peça 2 (301,98 μm), reforçam a limitação da medição por pontos, que pode não representar de forma precisa irregularidades localizadas. O perfilômetro, ao realizar varredura contínua, minimiza a subestimação ou superestimação dos erros e fornece dados mais consistentes, especialmente em geometrias críticas.

5 CONCLUSÃO

A comparação entre perfilômetro e máquina tridimensional evidenciou que o perfilômetro é mais adequado para medições de circularidade e cilindridade em peças cilíndricas, devido à sua maior resolução (1,18 μm contra 1,7 μm) e leitura contínua do perfil. A CMM, apesar de útil para diversas aplicações, apresenta limitações quando a geometria exige inspeção detalhada, podendo não detectar imperfeições entre pontos amostrados.

Dessa forma, para controle de qualidade de peças cilíndricas com alta exigência geométrica, recomenda-se o uso do perfilômetro como ferramenta principal de medição.

REFERÊNCIAS

LEACH, Richard. Fundamental principles of engineering nanometrology. 2. ed. Oxford: Elsevier, 2014.

SŁADEK, Jerzy A. Coordinate metrology. Springer Tracts in Mechanical Engineering, p. 1-13, 2016.

WHITEHOUSE, DAVID J. Handbook of surface and nanometrology. Taylor & Francis, 2002.

JCGM 200. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM), 2008.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Sobre os autores:

i WALLYSON THOMAS ALVES DA SILVA (Autor 1)



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 (Autor 2)



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.