



DISPOSITIVO PARA MEDIR DISTÂNCIA ENTRE SUPERFÍCIES PLANA / CILÍNDRICAS E PLANA / PLANA

Device for measuring distance between flat / cylindrical and flat / flat surfaces

Dispositivo para medir distancias entre superficies planas / cilíndricas y planas / planas

Jotuanderson Pereira Gomes^{1*} & Laércio Gouvêa Gomes²

¹² Universidade Federal do Pará - UFPA

^{1*} jotuanderson@gmail.com ² laercio.gouvea@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido: 15.10.2025

Aprovado: 30.01.2026

Disponibilizado: 10.03.2026

PALAVRAS-CHAVE: metrologia; medida entre superfícies; dispositivo de medida.

KEYWORDS: metrology; measurement between surfaces; measuring device.

PALABRAS CLAVE: metrología; medición entre superficies; Dispositivo de medición.

*Autor Correspondente: Gomes, J. P.

RESUMO

Este estudo propõe um dispositivo de medição para aferir a distância entre superfícies plana/cilíndrica e plana/plana com maior agilidade e precisão, substituindo o micrômetro tubular tradicional. O objetivo é desenvolver um dispositivo que diminua a dependência da habilidade do operador e aumente a precisão das medições. Foram comparados três aparatos de medição (micrômetro tubular, micrômetro tubular com acessório e o dispositivo desenvolvido) utilizando a incerteza combinada como parâmetro de comparação. As medições foram realizadas por voluntários com diferentes níveis de experiência. O dispositivo desenvolvido apresentou uma diferença máxima nas medidas de 0,010 mm com tempo médio de 28,7 segundos, enquanto o micrômetro tubular apresentou uma diferença de 0,424 mm e tempo médio de 103 segundos. O dispositivo desenvolvido reduziu o tempo de coleta de dados e aumentou a precisão das medições em comparação ao micrômetro tubular, atendendo aos objetivos propostos.

ABSTRACT

This study proposes a measuring device to determine the distance between flat/cylindrical and flat/flat surfaces with greater agility and precision, replacing the traditional tubular micrometer. The objective is to develop a device that reduces the operator's skill dependency and increases measurement accuracy. Three measuring devices (tubular micrometer, tubular micrometer with accessory, and the developed device) were compared using combined uncertainty as a comparison parameter. Measurements were taken by volunteers with different levels of experience. The developed device showed a maximum measurement difference of 0.010 mm with an average time of 28.7 seconds, while the tubular micrometer showed a difference of 0.424 mm and an average time of 103 seconds. The developed device reduced data collection time and increased measurement accuracy compared to the tubular micrometer, meeting the proposed objectives.

RESUMEN

Este estudio propone un dispositivo de medición para determinar la distancia entre superficies planas/cilíndricas y planas/planas con mayor agilidad y precisión, reemplazando el micrómetro tubular tradicional. El objetivo es desarrollar un dispositivo que reduzca la dependencia de la habilidad del operador y aumente la precisión de las mediciones. Se compararon tres dispositivos de medición (micrómetro tubular, micrómetro tubular con accesorio y el dispositivo desarrollado) utilizando la incertidumbre combinada como parámetro de comparación. Las mediciones fueron realizadas por voluntarios con diferentes niveles de experiencia. El dispositivo desarrollado mostró una diferencia máxima en las medidas de 0,010 mm con un tiempo promedio de 28,7 segundos, mientras que el micrómetro tubular mostró una diferencia de 0,424 mm y un tiempo promedio de 103 segundos. El dispositivo desarrollado redujo el tiempo de recolección de datos y aumentó la precisión de las mediciones en comparación con el micrómetro tubular, cumpliendo con los objetivos propuestos.

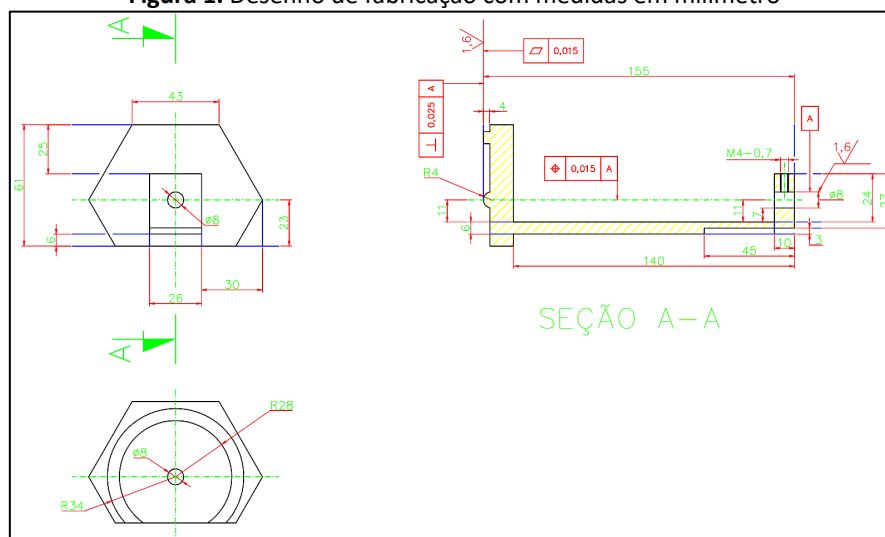
INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, os métodos de medição evoluíram significativamente. Essa evolução ressalta o papel essencial da metrologia na manutenção industrial, assegurando precisão e acurácia nas medições (Jesus et al., 2021). Inicialmente, as medições eram realizadas de forma imprecisa utilizando partes do corpo humano (Volder, 2022). Com o tempo, padrões de medida foram estabelecidos, como no antigo Egito, onde cordas com nós eram usadas para demarcar terrenos (Zuin, 2019). A metrologia moderna envolve tanto aspectos teóricos quanto práticos, sendo essencial para a calibração e verificação de equipamentos de medição (ABNT, 2004). A calibração é um processo crucial para a garantia da qualidade, devendo ser realizada por laboratórios qualificados (Abnt, 2017). A acreditação de laboratórios, conforme normas específicas, é um reconhecimento formal da competência técnica dessas organizações (Inmetro, 2012). No contexto da laminação de aços longos, a precisão nas medições é fundamental para evitar desalinhamentos e interrupções no processo (Monteiro, 2013). Este trabalho propõe o desenvolvimento de um dispositivo de medição que visa reduzir a dependência da habilidade do operador e aumentar a precisão das medições entre superfícies plana/cilíndrica e plana/plana.

METODOLOGIA

Este estudo apresenta o desenvolvimento e a fabricação de um dispositivo prototípico utilizando aço SAE 4340, conhecido por sua excelente resistência à corrosão e ao desgaste. O dispositivo foi desenhado com base em medidas específicas, incluindo uma semiesfera de raio 4 mm e uma coroa cilíndrica com raios de 34 mm e 28 mm, concentradas e com alturas iguais. O cilindro circular reto possui um diâmetro de 8 mm e uma altura de 10 mm, destinado ao alojamento de um relógio comparador (Figura 1).

Figura 1. Desenho de fabricação com medidas em milímetro



Fonte: Autores.

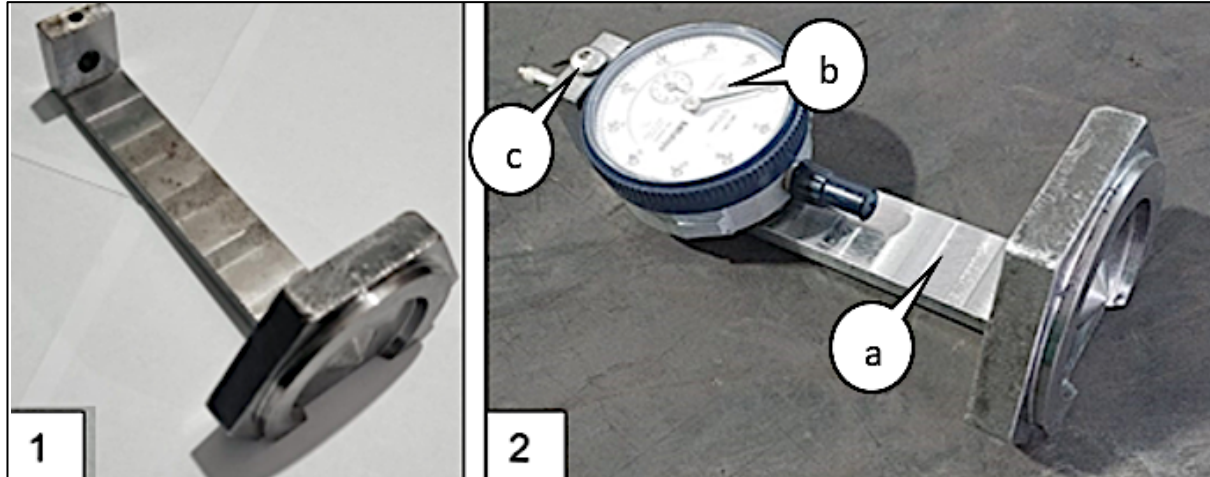
O processo de fabricação envolveu três etapas principais: torneamento, fresamento e rosqueamento, com o uso do torno CNC DOOSAN LYNEX 2100LM para criar as formas essenciais. A precisão e a perpendicularidade entre os componentes foram cuidadosamente mantidos para garantir a funcionalidade do dispositivo.

Quanto aos resultados estatísticos, obedecendo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2014), obtidos na gaiola NTM, são apresentados nos gráficos que destacam as diferenças nas medidas e a incerteza expandida para diferentes instrumentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados indicam que o protótipo fabricado (Figura 2) atende aos requisitos de design e apresenta alta durabilidade. Este dispositivo prototípico possui potenciais aplicações em ambientes que exigem precisão e resistência, destacando-se como uma solução inovadora no campo de dispositivos mecânicos.

Figura 2. Dispositivo fabricado e montado em: 1 - dispositivo sem relógio comparador (a) e 2 - dispositivo com relógio comparador (b) e freio (c)

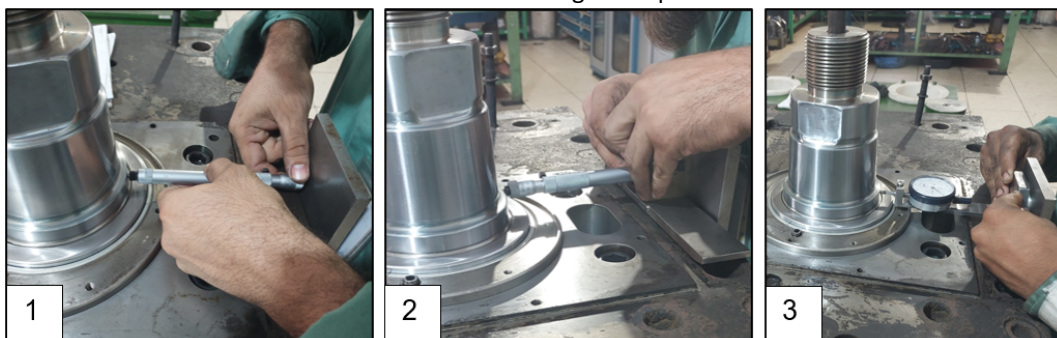


Fonte: Autores.

Assim, o presente estudo colabora no detalhamento dos métodos de medição utilizados para determinar a menor distância entre uma superfície cilíndrica e uma superfície plana utilizando três instrumentos: micrômetro tubular, micrômetro tubular com acessório e um dispositivo desenvolvido com relógio comparador. Além disso, considera três níveis de experiência em manuseio de instrumentos, a saber: nível 1, não tem experiência; nível 2, com experiência em medidas com outros instrumentos que não seja o de objeto de estudo e nível 3, com experiência em manuseio com micrômetro tubular acima de 2 anos de vivência com práticas mensais.

Ademais, a Figura 3 tem como objetivo ilustrar como cada um dos três instrumentos foi utilizado para medir a distância entre uma superfície cilíndrica e uma superfície plana. A operação é semelhante para os outros dispositivos, diferenciando apenas na leitura da medida e na dificuldade de execução.

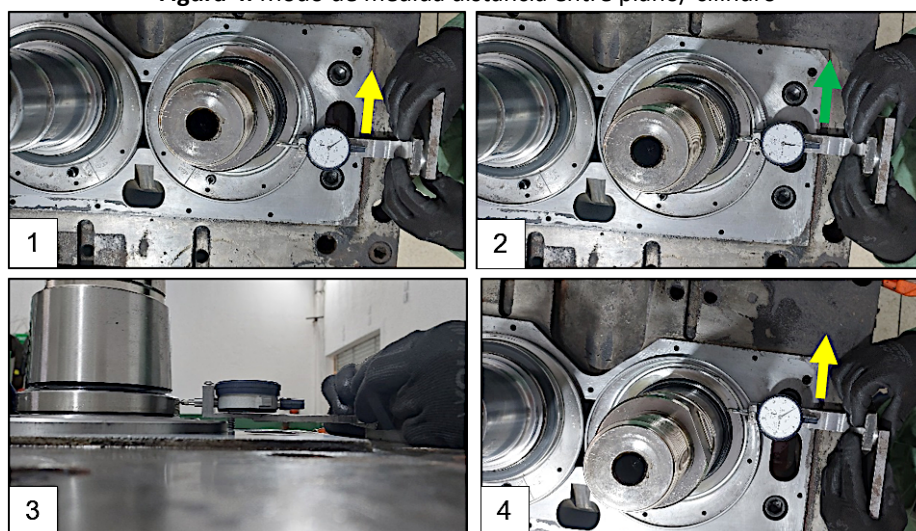
Figura 3. Medindo com: (1) micrômetro tubular, (2) micrômetro tubular com acessório e (3) dispositivo desenvolvido com relógio comparador



Fonte: Autores.

Já a Figura 4 demonstra a operação do dispositivo desenvolvido com relógio comparador, que mede a variação de comprimento efetivo do instrumento através do movimento de translação.

Figura 4. Modo de medida distância entre plano/ cilindro



Fonte: Autores.

A precisão da medição com o micrômetro tubular depende da habilidade do operador em nivelar o instrumento corretamente e rotacionar o tambor para obter o valor da medida. Para o micrômetro tubular com acessório, a medição precisa dependerá da habilidade do operador em encontrar o valor correto no tambor, com a placa retificada limitada pelo dispositivo. Com o dispositivo desenvolvido, o operador apenas verificaria o valor mínimo mostrado no relógio comparador, que é restrito pela superfície plana do dispositivo, permitindo um movimento natural da haste até alcançar a distância mínima entre as geometrias.

Já a diferença máxima entre as medidas do plano ao eixo foi de 0,43 mm, com incerteza expandida de 0,255 mm, para o micrômetro tubular convencional; 0,37 mm, com incerteza expandida de 0,151 mm, para o micrômetro tubular com acessório; e 0,01 mm, com incerteza expandida desprezível, para o dispositivo desenvolvido (Gráficos 1 e 2).

Gráfico 1. Média das distâncias entre cilindro e plano medido na gaiola NTM em milímetros e diferença entre máximo e mínimo valor encontrado no nível

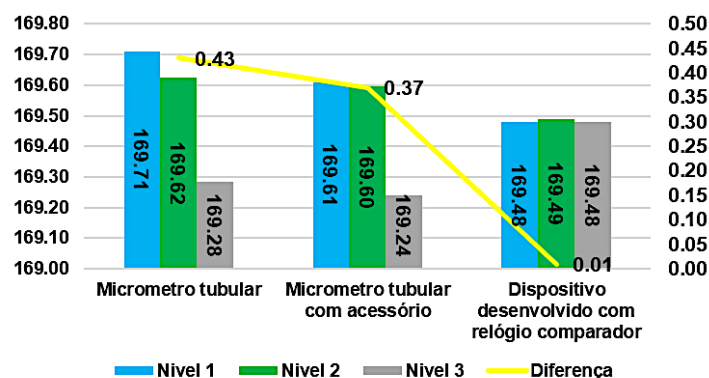
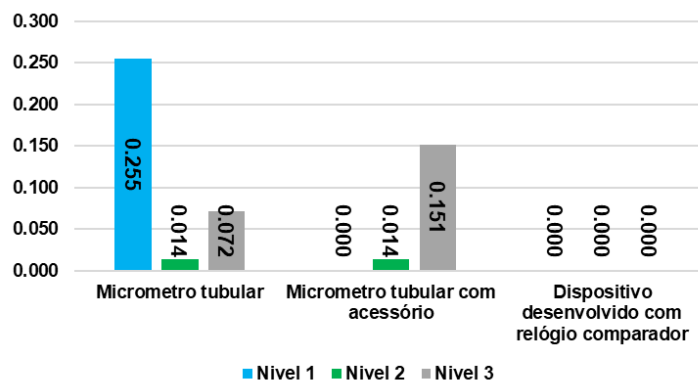


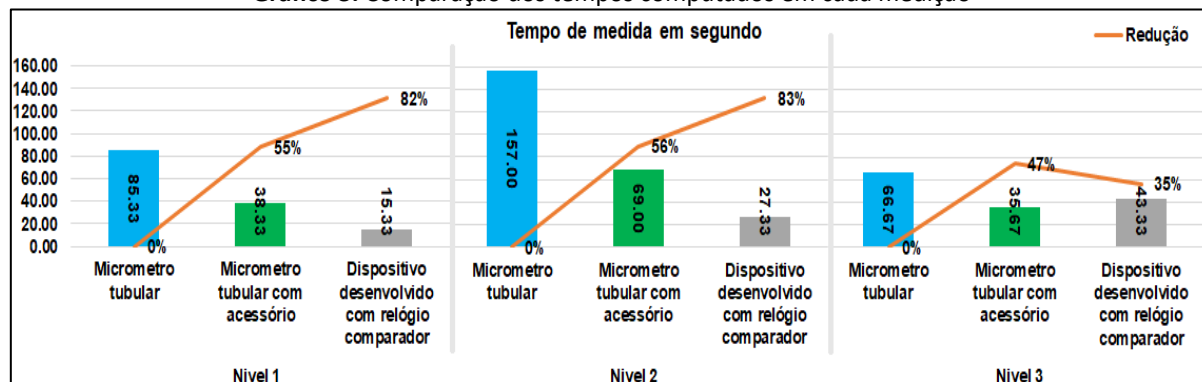
Gráfico 2. Incerteza expandida em milímetro dos instrumentos nos diferentes níveis



Fonte: Autores.

Nos níveis 1 e 2, o melhor tempo de medida foi obtido com o dispositivo desenvolvido com relógio comparador, enquanto no nível 3, o micrômetro tubular com acessório teve melhor desempenho, no entanto com incerteza expandida e valores medidos de baixa confiabilidade (Gráfico 3).

Gráfico 3. Comparação dos tempos computados em cada medição



Fonte: Autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento realizado na materialização do dispositivo obteve excelentes resultados, tanto no aspecto construtivo quanto no aspecto fim de medir. No aspecto construtivo pode-se ressaltar na simplicidade das formas geométricas que foi concebido resumindo-se em formas cilíndricas e prismática. Já, no aspecto fim de medir mostrou-se prático quanto na leitura do resultado.

Com relação à incerteza expandida do resultado medido o dispositivo desenvolvido com relógio comparador obteve melhor desempenho com valor desprezível na ordem de grandeza considerada e tempo de resposta reduzido, pelo menos 66% além de observar coerência entre os resultados com variação máxima de 1 centésimo de milímetro entre os três níveis de experiência comprovando que foram reduzidos os erros relacionados a habilidade e experiência do operador.

Dadas tais circunstâncias o dispositivo proposto atendeu com eficácia e eficiência aos objetivos avaliados por meio dos dados coletados, no passo inicial para o ajuste de gaiola NTM, mostrando-se um produto potencial em outras aplicações, como por exemplo, medir distância entre engrenagens, medir desnível de base de redutor ou motor entre outras aplicações.

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

O presente estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. As medições foram realizadas apenas nas geometrias plano/cilindro e plano/plano, restringindo a análise a um conjunto limitado de aplicações industriais. A avaliação foi conduzida com um número reduzido de operadores e em um único ambiente produtivo, o que limita a generalização do desempenho do dispositivo em diferentes setores e condições operacionais. Além disso, não foi desenvolvido um sistema digital de aquisição automática de dados, permanecendo dependente da leitura direta do operador. A comparação metrológica restringiu-se ao micrômetro tubular e à sua variação com acessório, sem incluir tecnologias avançadas como CMM, apalpadores eletrônicos ou sistemas ópticos. Por fim, a análise de incerteza baseou-se em abordagem convencional, sem aplicação de simulação de Monte Carlo, limitando a profundidade da caracterização metrológica.

PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

Considera-se pertinente, em estudos futuros, a ampliação da aplicabilidade do dispositivo para novas geometrias e demandas industriais, incluindo superfícies cônicas, esféricas, dentadas e bases de máquinas, de modo a aumentar sua versatilidade operacional.

Recomenda-se também o desenvolvimento de uma versão digital do instrumento, incorporando sensores eletrônicos e sistemas de aquisição automática de dados, o que pode reduzir efeitos associados ao operador e aprimorar a rastreabilidade metrológica. Sugere-se, ainda, a realização de ensaios com um número maior de operadores, em distintos setores produtivos, a fim de avaliar o desempenho do dispositivo em condições mais amplas de uso.

A comparação sistemática do instrumento com tecnologias avançadas de metrologia, como máquinas de medir por coordenadas, apalpadores eletrônicos e sistemas ópticos, pode contribuir para situá-lo em relação às metodologias consolidadas. Por fim, recomenda-se a aplicação de métodos avançados de avaliação da incerteza, com destaque para a simulação de Monte Carlo conforme diretrizes do GUM S1, possibilitando uma caracterização metrológica mais abrangente e sensível às variáveis ambientais e mecânicas envolvidas no processo de medição.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. - ABNT. (2004) NBR ISO 10012:2004. Sistemas de gestão de medição – Requisitos para os processos de medição e equipamento de medição. Rio de Janeiro: ABNT. Recuperado de <https://newtonteste.com.br/2017/wp-content/uploads/2017/10/requisitos-metrologicos-da-nbr-iso-9001-17025-10012-pdf.pdf>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2014). ISO/IEC guia 98-3:2014. Incerteza de medição – Parte 3: Guia para a expressão de incerteza de medição (GUM:1995). Rio de Janeiro: ABNT. Recuperado de <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/43644/abnt-iso-iec-guia98-3-incerteza-de-medicao-parte-3-guia-para-a-expressao-de-incerteza-de-medicao-gum-1995>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. (2017). NBR ISO/IEC 17025:2017. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ABNT. Recuperado de <http://www.tecnofund.com.br/adm/cemp/1698762861-ABNT-ISO-IEC%2017025-2017.pdf>
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO. (2008). Avaliação de dados de medição. Guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008. 1. ed. brasileira da 1. ed. do BIPM de 2008. Duque de Caxias, RJ: INMETRO. Recuperado de https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/documentos-tecnicos-em-metrologia/gum_final.pdf
- Jesus, A. R. de M., Adival, R. de., & Mazari, D. F. (2021). Metrologia aplicada à produção industrial. mensurando medições em usinagem de peças. *Brazilian Journal of Development - BJD*. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-561>
- Monteiro, G. (2013). Estratégia de manutenção em uma oficina de cilindros de laminação de aços longos (Dissertação de mestrado). *Universidade Federal de Pernambuco Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção*.
- Volder. (2022). *A história dos instrumentos de medição*. Recuperado de <https://www.vonder.com.br/artigos/a-historia-dos-instrumentos-de-medi%C3%A7ao>
- Zuin, E. de S. L. (2019). Balanças: as rotas de uma herança ancestral. *Revista Matemática, Ensino e Cultura - Rematec*. <http://dx.doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2023.n45.pe2023006.id545>