



ESTUDO DO DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO MICROMÉTRICA A LASER

Gustavo Dos Santos Henrique ¹

Diego Hernandes Lourenço ²

Wallyson Thomas Alves da Silva ³

Marcelo Baraldi ⁴

RESUMO

Devido aos avanços tecnológicos e a necessidade da indústria metal mecânica produzir de uma forma mais rápida e precisa, é necessária a execução de testes de qualidade nos produtos fabricados. O presente trabalho tem por objetivo, apresentar por meio de uma pesquisa científica os avanços tecnológicos por meio de medições a laser, tais componentes já utilizados para medições pelo seu tempo de resposta e precisão para trabalhos de capacidade micrométrica, exercendo uma função chave para o ganho produtivo, e aumento da eliminação de erros de dispositivos de medições por meios convencionais, chegando ao novo termo da indústria 4.0. Os dispositivos de medição compostos de laser são baseados nas leis da óptica e considerando esses dispositivos a laser foi possível detectar sua capacidade de executar trabalhos de medidas a partir de 0,2um até 2000mm. Os sistemas de medição são flexíveis e fáceis de integrar, não tendo contato com o objeto a ser medido. É possível medir superfícies suaves, pegajosas, quentes ou outras superfícies sensíveis, não acarretando desgaste ao sensor. Ao término do artigo espera-se demonstrar de forma detalhada as suas aplicações e a viabilidade da implantação desta tecnologia no meio produtivo, assim diminuindo o tempo de entrega do trabalho exercido, tendo em vista uma melhor competitividade no meio industrial e se adequando a tecnologias de um alcance mais vasto.

Palavras-chave: Laser. Micrometro. Medição.

1. INTRODUÇÃO

A ideia do trabalho é apresentar um sistema de medições a laser de peças com uma proposta mais atual. Hoje em processos industriais existe a necessidade da realização

¹ E-mail: gustavodsh10@gmail.com

² E-mail: diegohernandeslourenco@yahoo.com

³ E-mail: wallyson.silva@sp.senai.br

⁴ E-mail: marcelo.baraldi@sp.senai.br



de testes desse tipo devido as normas e garantia da qualidade do produto a ser entregue. Com a apresentação desse método deseja-se apresentar uma alternativa a indústrias ou empresas que necessitem fazer esse tipo de teste durante seu processo.

2. REVISÃO TEÓRICA

Devido às necessidades do mercado, cada dia se torna mais necessária a execução de testes nos produtos fabricados. Para tal são usados ensaios não destrutivos os quais englobam diversas técnicas e tipos de materiais. Um desses ensaios é o teste dimensional desses produtos. A execução desses testes pode ser realizada usando diversos instrumentos e técnicas diferentes. Para que o ensaio dimensional seja executado é necessário o uso de peças padrão, as quais são comparadas com as amostras ou com o próprio material a ser testado.

As tecnologias baseadas em princípios ópticos de medição se caracterizam pela ausência de contato entre o instrumento de medição e o mensurando. Há diversos sistemas ópticos disponíveis comercialmente para medição de peças. Dentre essas soluções vamos destacar os sistemas denominados de sistemas de medição de diâmetro a laser.

A técnica de medição é a realizada através de lasers, a qual consiste em gerar uma cortina de luz e medir a interrupção desse sinal. A geração dessa cortina se torna possível devido aos princípios da óptica e suas leis de reflexão da luz em espelhos. A geração desse sinal luminoso se inicia com a escolha do tipo de fonte luminosa, pois de acordo com ela pode-se determinar o funcionamento correto do dispositivo. Os lasers são as fontes escolhidas para esse tipo de aplicação devido potência dissipada e o comprimento de onda. Normalmente os instrumentos utilizados para essa finalidade estão na faixa do vermelho com um comprimento de onda em torno de 650nm.

Os lasers vêm sendo classificados por seu comprimento de onda e sua potência de saída desde os anos 70 em quatro classes: classe 1 de menor risco até classe 4 de grande risco. Até o ano de 2002 essa era a classificação desses equipamentos, com o estudo mais aprofundado a partir daquele ano foram propostas modificações e em 2007 com a revisão da norma IEC 60825 essa classificação foi um pouco modificada. Essa modificação veio para unificar a maneira como os lasers são tratados por todos os países e mostrando os reais perigos existentes em cada classe. Por exemplo, no laser usado nessa aplicação que se encontra na classe 2 com 650nm e 1mW de potência, é seguro se a exposição não for maior que um intervalo de 0.25 segundos, intervalo de uma piscada do olho humano. Para as outras classes isso muda um pouco: a classe 1 é considerada segura, na classe 3 é advertido para lidar com cuidado e na classe 4 já pode causar queimaduras e danos permanentes aos usuários do equipamento. (Karman et al., 1999 vol. 402, 138).



Além de uma fonte geradora um dispositivo construído com essa finalidade deve conter alguns espelhos, os quais são os responsáveis pela mudança de direção através do princípio da reflexão da luz. Em física o fenômeno da reflexão consiste na mudança da direção de propagação da energia (desde que o ângulo de incidência não seja 0°), também no retorno da energia incidente em direção à região de onde ela é oriunda, após entrar em contato com uma superfície refletora.

A energia pode tanto estar manifestada na forma de ondas como transmitida através de partículas. Por isso, a reflexão é um fenômeno que pode se dar por um caráter eletromagnético, óptico ou sonoro. A reflexão pode ser explicada totalmente com base em apenas duas leis, de cunho geral. Para enunciá-las, é preciso antes definir alguns conceitos.

- a) Normais são semirretas perpendiculares à superfície refletora.
- b) Ângulo de incidência é o ângulo que a direção de deslocamento de um feixe de luz faz com a normal.
- c) Ângulo de reflexão é o ângulo que a direção de um feixe de luz refletida faz com a normal. As duas leis da reflexão podem ser expressas da seguinte maneira:
- d) O raio incidente, a reta normal e o raio refletido são coplanares, ou seja, estão no mesmo plano.

O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. A reflexão luminosa é a base da construção e utilização dos espelhos. Os espelhos, tanto planos, como os esféricos, tem larguíssima utilização constituindo uma importante parte do processo de medição de diâmetro a laser. Um espelho é uma superfície muito lisa e com alto índice de reflexão de luz. Espelhos possuem formas variadas: planos e esféricos. Olhando um espelho comum, vemos a nossa imagem com mesma forma e tamanho, mas que parece estar atrás do espelho à mesma distância em que estamos dele. Os raios que partem de um objeto, diante de um espelho plano, refletem-se no espelho e atingem nossos olhos permitindo assim a reflexão da nossa imagem. Deste modo recebemos raios luminosos que percorreram uma trajetória angular e temos a impressão de que vem de algo atrás do espelho, em linha reta, ou seja, mentalmente prolongamos os raios refletidos, em sentido contrário, para trás do espelho. Existem diversos tipos de espelhos. Os mais utilizados são: os espelhos planos e os espelhos esféricos. Um espelho plano é uma superfície plana que produz imagens virtuais e simétricas dos objetos. Assim, a imagem dada por um espelho plano é do mesmo

tamanho que o objeto, é virtual, uma vez que não se pode projetar num alvo, é direita e é simétrica, ou seja, invertida lateralmente (enantiomorfo).

e) A figura 1 mostra um espelho plano e também demonstra as leis da óptica. Conforme a (Figura 1).

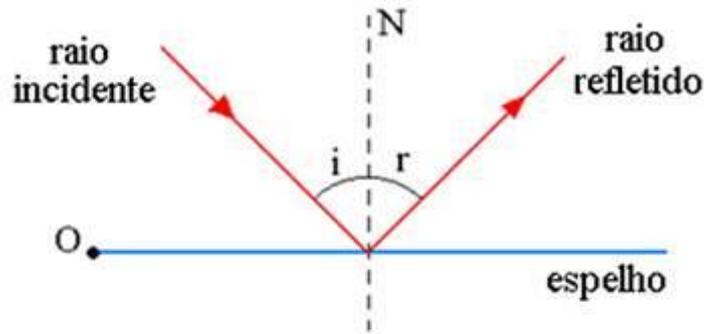


Figura 1 – Espelho plano refletindo um raio luminoso
Fonte: (MARQUES, 2018)

Espelhos esféricos resultam do corte de uma esfera em que uma de suas superfícies é espelhada, com reflexão regular. Assim, surgem dois tipos de espelhos, os côncavos e os convexos. No primeiro a superfície refletora é interna, e no segundo externa. Esses espelhos obedecem às mesmas leis de reflexão da luz dos espelhos planos da óptica geométrica. Para os espelhos côncavos pode se verificar que todos os raios luminosos que incidirem ao longo de uma direção paralela ao eixo secundário passam por (ou convergem para) um mesmo ponto focal principal do espelho (ou simplesmente foco do espelho). Para realizar o cálculo do foco é usada a equação.

$$F = r/2 \quad (1)$$

Onde r é o raio da circunferência de formação do espelho côncavo e F é o focal principal do espelho.

Um exemplo prático da utilização dos espelhos são os micrômetros ópticos, os quais utilizam todas as leis mostradas acima para fazer a determinação de uma medida dimensional. Para realizar essas medidas, esses equipamentos são compostos de um motor com um espelho de algumas faces preso ao seu eixo. O motor é o responsável por fazer a varredura sobre o material e como ele gira em uma velocidade contínua é possível fazer essa medição comparando os intervalos de sombra da luz. (Figura 2) mostra os tipos de aplicações desses equipamentos.

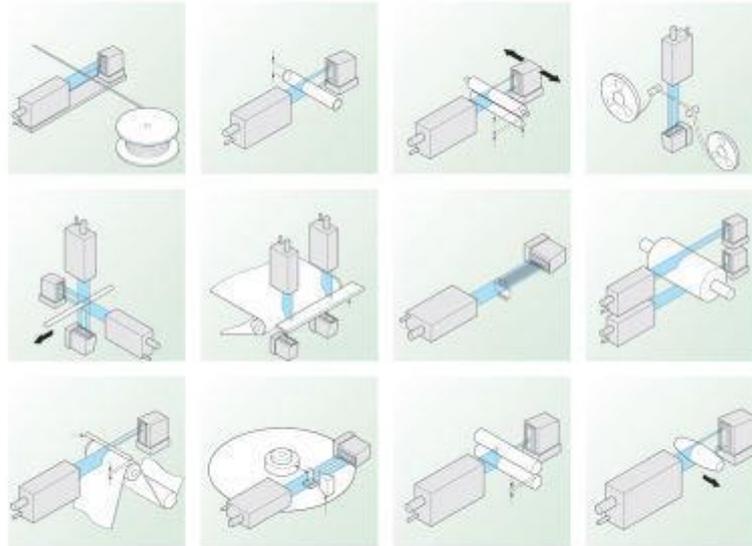


Figura: 2 catálogos mitutoyo – Fonte: (MITUTOYO 2018)

2.1 Sequenciamento e Controle Fácil

Controlador de Tempo CC320 visão de máquina sem precisar de um CLP (Controlador Lógico Programável) (Figura 3).

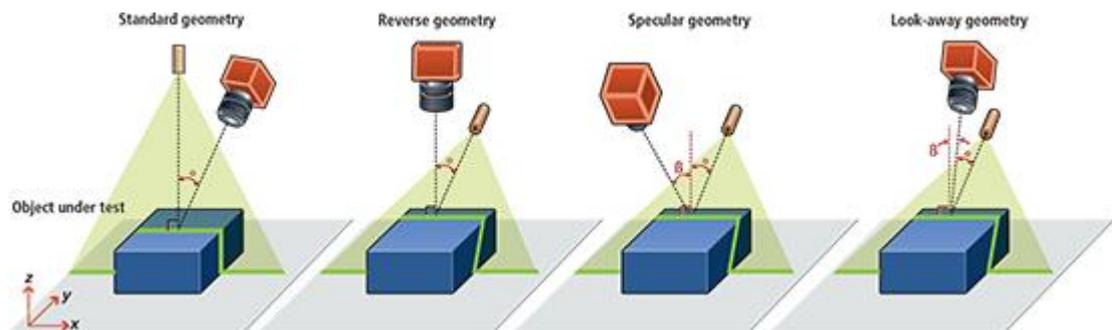


Figura 3- configurações comuns para sistemas de visão de máquina com base na triangulação 3D.
Fonte: (MACHINE Vision, Coherent, Inc 2016)

2.2 Poder da linha de laser

Conhecer os parâmetros da linha de laser projetada é fundamental para criar e calibrar um sistema preciso de medição 3D. Todos os projetores de linha criam um feixe que não é perfeitamente reto nem homogêneo e cujas propriedades variam com a distância

do projetor. Somente quando essas características são compreendidas e quantificadas, é possível obter medições precisas.

Um parâmetro chave é a uniformidade de potência do feixe de linha, flutuações nas quais ocorrem devido a variações de fabricação e defeitos de tolerância. Estes manifestam-se como variações de intensidade (particularmente nas bordas do feixe a laser), perfis de intensidade superior não planos e dispersão de luz. Cada um desses efeitos pode levar a erros de medição.

A maioria dos fabricantes de geradores de linha a laser especifica a uniformidade de linha como a variação no perfil de intensidade do valor médio de intensidade em uma determinada região. Normalmente, essa região é escolhida para excluir os extremos da borda do feixe, porque é onde as não-uniformidades são tipicamente mais pronunciadas.

O problema com essa abordagem é duplo. Em primeiro lugar, isso não impede que o feixe tenha grandes variações absolutas de potência, desde que elas tenham uma média ao longo do comprimento de todo o feixe. Em segundo lugar, ignora as bordas onde os feixes são tipicamente os mais malcomportados.

A, Coherent desenvolveu um padrão rigoroso para a uniformidade do feixe, que inclui essencialmente todo o feixe. Especificamente, a borda do feixe é definida como o ponto em que a potência do feixe caiu para 80% de seu valor de pico normalizado. O valor médio da intensidade do feixe deve ser mantido em toda essa região e o nível de potência absoluta não pode cair abaixo de 75% do valor máximo em qualquer lugar dessa região (Figura 4). Isso cria um requisito de uniformidade muito mais rigoroso do que apenas especificar um valor médio em uma região selecionada do feixe de luz. (MACHINE Vision, Coherent, Inc 2016 vol.1, 7

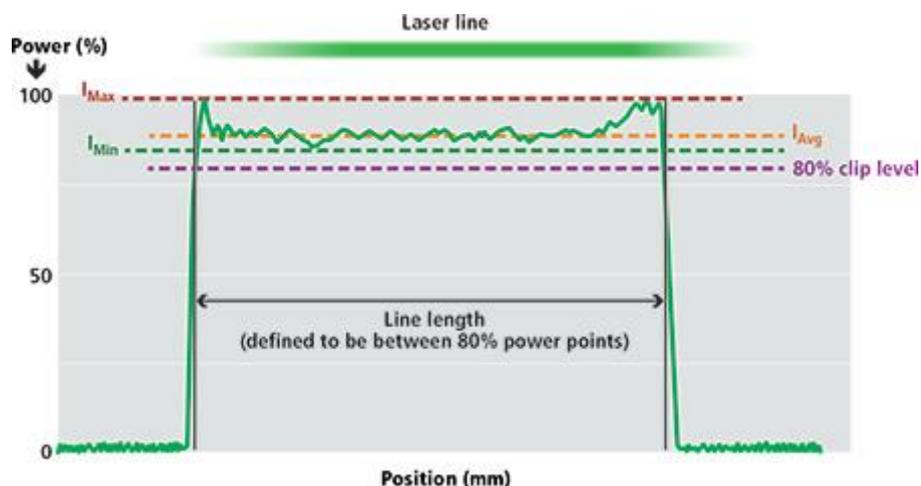


Figura 4 - Gráfico de intensidade vs. posição para uma linha de laser indicando a intensidade de pico (I_{Max}), intensidade mínima (I_{Min}), intensidade média (I_{Avg}) e 80% da potência de pico.



Fonte: (MACHINE Vision, Coherent, Inc 2016)

Essa definição mais rigorosa oferece dois importantes benefícios para os desenvolvedores de sistemas. Primeiro, ele gera maior potência na linha projetada para uma dada classificação de segurança do Centro de Dispositivos e Saúde Radiológica (CDRH), que se traduz diretamente em uma melhor relação sinal-ruído (SNR) na imagem coletada, gerando uma resposta mais rápida e precisa. Sistema de visão. Isso ocorre porque a classificação CDRH é baseada na potência de pico, não importa onde ocorra no feixe. Assim, se houver picos de potência nas bordas do feixe (o que é acontece com frequência), enquanto a seção intermediária do feixe tiver um valor de potência muito menor, a classificação de segurança será baseada nos valores mais altos.

O sistema de medições a laser, consiste em uma melhor praticidade e eficiência, no meio produtivo, através do trabalho apresentamos essa tecnologia para uma melhor eficácia e diminuição de tempo de entrega do produto final ao cliente, sem a necessidade de passar pelo sistema de qualidade sendo que a própria máquina já exerce tal função, assim cortando custos para a empresa.

Pode-se alcançar tal desempenho devido à alta precisão do sistema a laser, sendo o mesmo capaz de verificar a qualidade desejada de uma linha produtiva em serie por meio dos seus feixes de luz, capazes de fornecer a exatidão ou não de uma peça, poupando assim o tempo de produção e viabilizando um processo com menor índice de erros e maior qualidade em seu produto final.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado no tema proposto discutido neste trabalho, podemos concluir que a medição a laser, se caracteriza, pela alta precisão e pelo seu menor tempo de execução da medição proposta em uma linha produtiva, maximizando assim seus resultados.

REFERÊNCIAS

Aoki N., Misaka A., Miyaoka M. Sistema de visão 3D para objetos cilíndricos usando padrões de destaque produzidos por fontes de luz de 2 pontos de uma só vez; **Anais...** da



Conferência Anual do SICE 2002; Osaka, Japão 5 a 7 de agosto de 2002; pp. 1915-1917.

COHERENT. **Categorias de lasers**. Disponível em:

<<https://www.coherent.com/applications/group/scientific>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

Choi BK, Sim MS, Lee DW Estimação do raio e espessura de objetos cilíndricos usando análise de dispersão por ondas de choque em água; **Anais...da Tecnologia Submarina IEEE**; Pallikaranai Chennai, Índia. 23 a 25 de fevereiro de 2015.

Demeyere M., Eugene C. Medição de objetos cilíndricos por telemetria a laser em um contexto ambulatorial; **Anais... da Conferência de Tecnologia de Instrumentação e Medição IEEE de 2002**; Anchorage, AK, EUA. 21 a 23 de maio de 2002; pp. 1571-1576.

Demeyere M., E. Dereine, Eugene C. Medição de objetos cilíndricos através de telemetria a laser: Aplicação a um novo paquímetro florestal. **IEEE Trans. Instrum Meas.** 2002; 51 : 645–649. doi: 10.1109 / TIM.2002.802264.

Demeyere M., Eugene C. Medição de objetos cilíndricos por telemetria a laser: Uma generalização para um cilindro inclinado aleatoriamente. **IEEE Trans. Instrum Meas.** 2004; 53 : 566-570. doi: 10.1109 / TIM.2003.820464.

Demeyere M., Rurimunzu D., Eugene C. Medição de Diâmetro de Objetos Esféricos por Triangulação a Laser em um Contexto Ambulatorial. **IEEE Trans. Instrum Meas.** 2007; 56 : 867-872. doi: 10.1109 / TIM.2007.894884.

LASER, Lap. **TUBE MEASURING: NON-CONTACT MEASUREMENT FOR TUBE PRODUCTION**. Disponível em: <https://www.lap-laser.com/fileadmin/lap-laser/documents/downloads/pdf/brochures/STEEL_TUBES_bro_en_1-18_2016-03-03_mix2.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2018.



Lin HI, Hsueh YC Uma abordagem de medição de posição automática para objetos cilíndricos; **Anais...** do 9 Congresso Mundial sobre Controle Inteligente e Automação (WCICA); Taipei, Taiwan. 21 a 25 de junho de 2011; p. 1035-1040.

Li L. Análise de Regressão Linear Local de Suavização Dupla de Dados em Cluster. Imprensa da Universidade Normal da China Central; Wuhan, China: 2015.

MITUTOYO. **Scanner a laser sem contato**. Disponível em:

<<http://www.aeroexpo.online/pt/prod/mitutoyo-europe/product-172092-24255.html>>.

Acesso em: 03 mar. 2018.

Nikhil S., Alexander P., C. Caixia, Markus R., Alois K. Objeto detecção usando representações de limite de formas primitivas; **Anais...** da Conferência Internacional IEEE 2015 sobre Robótica e Biomimética; Zhuhai, China. 6 a 9 de dezembro de 2015; pp. 108–113.

Oleari F., F. Kallasi, Lodi Rizzini D., Aleotti J., Caselli S. Avaliação de desempenho de um sistema de visão estéreo de baixo custo para detecção de objetos subaquáticos; Proceedings; **Anais...** do 19º Congresso Mundial da Federação Internacional de Controle Automático; Cidade do Cabo, África do Sul. 24 a 29 de agosto de 2014; pp. 3388–3394.

Pavlov V., Ruser H., Horn M. Extração de recurso de uma matriz de sensores infravermelhos para localização e reconhecimento de superfície de objetos cilíndricos móveis; **Anais...** da Conferência de Tecnologia de Instrumentação e Medição IEEE 2007; Varsóvia, Polónia. 1 a 3 de maio de 2007; pp. 1-6.

Richtsfeld M., Schwarz R., Vincze M. Detecção de objetos cilíndricos em cenas de mesa; **Anais...** do 19 Workshop Internacional de Robótica na região de Alpe-Adria-Danúbio; Budapeste, Hungria. 23 a 25 de junho de 2010; pp. 363–369.



Sareh S., Noh Y., Li M., T. Ranzani, Liu H., Althoefer K. Macro-curva de detecção óptica para medição de pose em braços macios do robô. *Mater inteligente. Struct.* 2015; 24 : 125024. doi: 10.1088 / 0964-1726 / 24/12/125024.

Shihab S., Al-Nuaimy W., Eriksen A. Estimação de raio para objetos cilíndricos de subsuperfície detectados por radar de penetração no solo; **Anais...** da 10 Conferência Internacional sobre Radar de Penetração no Solo; Delft, Holanda. 21 a 24 de junho de 2004; pp. 319-322.

Sklar E., Sareh S., Secco E., A. Faragasso, Althoefer K. Um modelo não linear para prever a posição da ponta de um segmento flexível de braço robótico usando dados do sensor de flexão. *Sens. Transdutores.* 2016; 199 : 52-61.

Tamura H., Sasaki T., Hashimoto H. Sistema de Medição de Posição para Objetos Cilíndricos usando o Laser Range Finder; **Anais...** da Conferência Anual do SICE 2010; Taipei, Taiwan. 18 a 21 de agosto de 2010; pp. 291-296.

Um X., Zhou Z., Hu D. Ajuste de elipse baseado em mínimos quadrados não lineares. *Comput. Eng. Appl.* 2009; 45 : 188-190.

Wang J., Gao B., Zhang X. Correção de erros para medição de alta precisão de diâmetro de objetos cilíndricos baseado na visão de máquina; **Anais...** da 12 Conferência Internacional do IEEE sobre Medição e Instrumentos Eletrônicos (ICEMI); Qingdao, China. 16 a 19 de julho de 2015; pp. 1113-1117.