

## Metrologia dimensional da fusão de imagens

### Dimensional metrology of image fusion

**Douglas Mamoru Yamanaka<sup>1</sup>, Manuel António Pires Castanho<sup>1</sup>, Marcelo Tadao Saita<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Brasil

E-mail: douglasy@ipt.br; manet@ipt.br; marcelots@ipt.br

**Resumo:** Muitos trabalhos de processamento digital de imagens têm surgido nas últimas décadas, em vários campos. Na indústria e em laboratórios, podemos destacar a aplicação na área metrológica, onde muitos equipamentos têm a imagem de um espécime como elemento essencial para efetuar qualquer tipo de análise ou medição. Desta forma, o presente trabalho apresenta alguns resultados de medição dimensional através da fusão de imagens. É apresentada uma técnica para estimar quantitativamente uma característica de interesse de uma imagem, obtida por uma máquina de medição por coordenadas óptica.

**Palavras-chave:** medição dimensional; visão computacional; fusão de imagens; máquina de medição por coordenadas óptica.

**Abstract:** Many digital image processing works have emerged in recent decades in various fields. In industry and laboratories, we can highlight the application in the metrological area, where many equipments have the image of a specimen as an essential element to carry out any type of analysis or measurement. In this way, this work presents some results of dimensional measurement by image fusion. A technique for quantitatively estimating a characteristic of interest of an image obtained by an optical coordinate measuring machine is presented.

**Keywords:** dimensional measurement; computer vision; image fusion; optical coordinate measuring machine

### 1. INTRODUÇÃO

A metrologia dimensional de medição por imagens evoluiu consideravelmente ao longo dos tempos. Na indústria destacam-se os projetores de perfis e, em laboratórios, são comuns os microscópios de medição, cuja funcionalidade assemelha-se ao projetor de perfil. Há pouco tempo, surgiram as máquinas de medição por

coordenadas óptica (MMCO), que possibilitam medições com ampliações maiores em relação a um projetor de perfil, e também permitindo volumes de medição superiores comparativamente aos possibilitados em um microscópio.

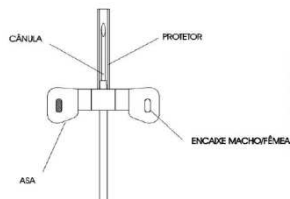
Recentemente, nos meios acadêmico e científico, Leta et al. [1] desenvolveram diversos

trabalhos de metrologia e visão computacional, aplicados tanto na medição e inspeção de peças, quanto na calibração de instrumentos. De acordo com Feliciano [2], através da metrologia por imagem, algoritmos de visão computacional facilitam o trabalho humano na indústria, aumentando a garantia da qualidade dos produtos fabricados.

Este trabalho explora recursos de uma MMCO, tais como variações de amplificação e de iluminação. Com as imagens obtidas pela câmera CCD da mesma, fez-se a fusão de duas imagens, a imagem do espécime propriamente dito, e a de uma régua graduada. Os resultados obtidos possibilitam estimativas a respeito da peça medida, sendo útil para ilustrar quantitativamente uma medida e até mesmo para geração de relatórios, onde a vista da peça com informações estimadas de sua ordem de grandeza são importantes para fins metrológicos.

## 2. METODOLOGIA

Foram utilizados para este trabalho uma régua graduada de vidro de 50 mm, com valor de uma divisão de 0,1 mm, um elemento roscado e uma cânula, esta mostrada na figura 1.



**Figura 1:** Cânula (extraído de NBR 9753:2003)[3].

Para aquisição das imagens foi utilizada uma MMCO, modelo Vertex 220, e para fusão das imagens, foi utilizado o pacote de processamento de imagens do MATLAB®.

Os artefatos foram posicionados longitudinalmente em relação ao eixo principal da MMCO, com exceção da cânula, que foi

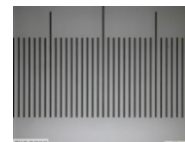
posicionada tanto longitudinalmente quanto coaxialmente em relação ao eixo de iluminação do sistema óptico. Foi utilizada a amplificação de 138x. Com relação à iluminação, foram utilizadas sistemas de projeção diascópica para a régua de vidro e para o elemento roscado. Para a cânula foi utilizada a projeção episcópica.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

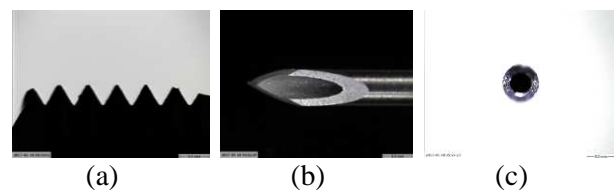
### 3.1 Imagens iniciais

Para melhor definição da imagem dois ajustes foram feitos automaticamente pela MMCO: o auto-foco, que é um recurso onde a lente da MMCO procura pelo melhor contraste, tornando a imagem mais nítida em função da variação da distância focal, e a auto-iluminação, onde a MMCO procura pela iluminação que melhor se encaixa para o artefato em análise.

A seguir são apresentadas as imagens obtidas pela MMCO. A figura 2 apresenta a imagem da régua graduada. Na figura 3 são apresentados: (a) o elemento roscado; (b) a cânula; (c) a cânula posicionada no eixo de iluminação da MMCO.



**Figura 2:** Régua graduada



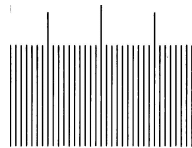
**Figura 3:** (a) elemento roscado; (b) cânula; (c) cânula – vista superior.

Não foram aplicadas quaisquer técnicas de filtragem, assim como não foram realizados quaisquer tipos de recorte para estas quatro figuras iniciais, as quais servirão para os trabalhos subsequentes.

### 3.2 Pré-processamento

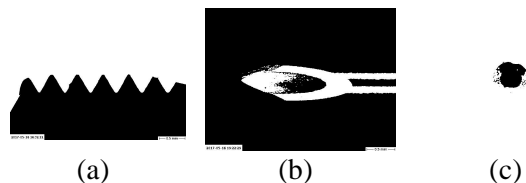
Apesar dos recursos disponíveis da MMCO (auto-foco e auto-iluminação), e do uso de técnicas recomendadas por manuais de boas práticas de medição, no que se refere à captura de uma boa imagem [4], nem sempre as imagens obtidas representam a melhor condição das mesmas para análises. Desta forma, o uso de recursos de tratamento de imagens potencializa ainda mais as medições dimensionais em equipamentos que se utilizam de imagens. Tais recursos podem ser usados quando esgotadas as alternativas destes aparatos no que se refere ao pré-processamento da imagem, ou seja, abrem-se alternativas para que limitações intrínsecas aos equipamentos sejam superadas pelo uso de softwares dedicados à análise e ao processamento digital de imagens.

Por este motivo, na busca por melhores imagens, técnicas de processamento de imagens foram aplicadas [5] nestas quatro figuras iniciais. As figuras seguintes apresentam os resultados das imagens depois de binarizadas com valor igual a 0,3.



**Figura 4:** Régua graduada pós-binarização.

Testes de equalização, assim como filtragens diversas (transformada de Fourier, suavização, gaussiano, entre outros), também foram realizados, todos pós-binarização.

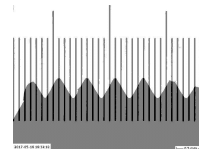


**Figura 5:** (a) elemento roscado binarizado; (b) cânula binarizada; (c) cânula binarizada – vista superior.

Como resultados, das quatro imagens, apenas nas duas primeiras (figuras 4 e 5a) podemos observar que houve melhora significativa em relação às imagens iniciais. Nas duas últimas (figuras 5b e 5c), devemos considerar que as imagens não melhoraram em relação às primeiras. Por esta razão, na continuidade, foram consideradas somente as figuras 4, 5a, 3b e 3c, para a fusão de imagens.

### 3.3 Fusão de imagens

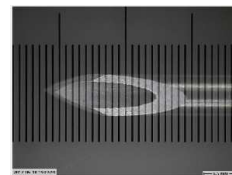
A fusão das imagens da régua graduada com o elemento roscado é apresentada na sequência.



**Figura 6:** Régua graduada + elemento roscado.

Da figura acima, podemos verificar que o passo do elemento roscado é igual a 0,5 mm; o comprimento roscado, considerando-se os seis filetes é igual a 3 mm.

Na cânula da figura 7 abaixo, podemos fazer a leitura de aproximadamente 2,2 mm, do comprimento referente à parte chanfrada da agulha que penetra no tecido humano.



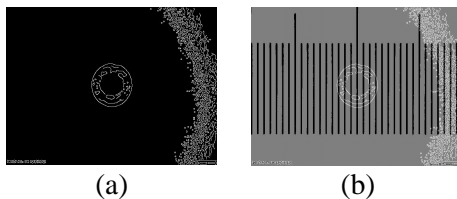
**Figura 7:** Régua graduada + cânula.

As análises mais complexas referem-se às medições do diâmetro interno e da espessura da cânula. Por ser chanfrada, a distância focal varia ao longo da circunferência, fazendo com que seja necessário o uso de uma iluminação que torne a imagem 2D do diâmetro a mais nítida possível, em toda a sua superfície. A figura 8 mostra a fusão da régua graduada com a cânula. O valor que podemos estimar para o diâmetro interno é de 0,4 mm.



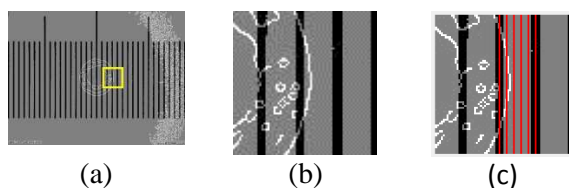
**Figura 8:** Régua graduada + cânula (vista superior).

Valores de espessura do tubo da cânula podem ser obtidos pela análise desta última figura. Para isto, primeiramente, foi realizada a detecção das bordas da cânula usando o algoritmo de Canny (foram testados também operadores de gradiente, laplaciano de gaussiana e transformada de Hough, porém com resultados não satisfatórios). Após, a figura da régua graduada foi adicionada à da figura segmentada. A figura 9 apresenta o resultado.



**Figura 9:** (a) Cânula com bordas segmentadas; (b) Régua graduada + cânula com bordas segmentadas.

Um refinamento foi realizado, pela ampliação da região de interesse e posterior inserção de linhas paralelas entre as linhas da régua graduada. O resultado final pode ser visto na figura 10.



**Figura 10:** (a) Área a ser recortada; (b) Recorte; (c) Adição de linhas.

Por esta última figura, o valor estimado para a espessura do tubo da cânula é de 0,13 mm. A incerteza de medição foi estimada em 0,01 mm.

#### 4. CONCLUSÃO

Foi apresentada neste trabalho uma proposta para medições dimensionais pela fusão de imagens.

A fusão de imagens é um recurso computacional que pode ser muito bem explorado, pelo uso correto de filtros e técnicas de segmentação e extração de características. Os valores encontrados estão em concordância com as medições realizadas pela própria MMCO.

Uma limitação desta técnica é que ela é dependente do valor de uma divisão da régua em uso. A principal vantagem é sua aplicabilidade em laboratórios e em linhas de produção que exigem rapidez em medições dimensionais.

Estudos a respeito de incerteza de medição com fusão de imagens não foi o escopo deste trabalho, podendo ser tema para trabalhos futuros.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Leta, F. R., Baldener, F. O., Gomes, J. F. S., Costa, P. B., “Metrologia por imagem”, Elsevier, 2016.
- [2] Feliciano, F. F., Souza, I. L., Leta, F. R., “Visão computacional aplicada à metrologia dimensional automatizada: considerações sobre sua exatidão”, Engevista, V. 7, No. 2, pp. 38-50, 2005.
- [3] ABNT NBR 9753: Escalpe estéril de uso único – Requisitos e métodos de ensaio, 2003.
- [4] Coveney, T., Dimensional measurement using vision systems, Measurement good practice guide No. 29, NPL, 2014.
- [5] Backes, A. R., Sá Júnior, J. J. M., “Introdução à visão computacional usando Matlab”, Alta Books, 2016.