

## APLICAÇÃO DA VISÃO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DIMENSIONAL DE FIOS TREFILADOS

GUILHERME MARIM DA SILVA<sup>1</sup>, WILLIAM REGONE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, UNIFAE, São João da Boa Vista, guilhermemarim@gmail.com.

<sup>2</sup> Professor do curso de Engenharia Mecânica, UNIFAE, São João da Boa Vista, wiliamregone@fae.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.00.00-1 Engenharia Mecânica

Apresentado no

10º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP ou no 4º Congresso de Pós-Graduação do IFSP

27 e 28 de novembro de 2019- Sorocaba-SP, Brasil

**RESUMO:** A visão computacional é composta por ferramentas de processamento de imagens. O fluxo comum de tais ferramentas segue a aquisição de imagem, pré-processamento, segmentação, extração de características e reconhecimento de padrões. O presente trabalho busca desenvolver um sistema aplicando tais ferramentas para processar e extrair informações de diâmetro de fios trefilados e compará-los com a medição convencional. Pôde-se obter valores semelhantes entre as medidas, o que demonstra alto grau de aplicabilidade no controle de qualidade durante o processo de trefilação. Embora os resultados tenham sido satisfatórios, notou-se a existência de fatores que podem afetar a precisão das medidas e devem, portanto, ser compensados durante o processo de captura de imagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** visão computacional; fios trefilados; processamento de imagens.

## COMPUTER VISION APPLICATION FOR DIMENSIONAL ANALYSIS OF DRAWN WIRES

**ABSTRACT:** Computer vision is composed by image processing tools. The common flow of these tools is given by: image acquisition, pre-processing, segmentation, information extraction and pattern recognition. The present work develops a system applying computer vision tools to process and extract the diameter from drawn wires and compare them with conventional measurement. The obtained values were similar and demonstrates a high degree of applicability in quality control during the drawing process. Although the results were satisfactory, it was noted that some factors may affect the accuracy of the measurements and they have to be compensated during the image capture process.

**KEYWORDS:** computer vision; drawn wires; image processing.

## INTRODUÇÃO

A evolução de ferramentas computacionais vem possibilitando cada vez mais o uso de novas ferramentas nas específicas áreas da engenharia, que auxiliam na automação de processos, velocidade no processamento de dados e reconhecimento de padrões. Em particular, a visão computacional é definida pela ciência que estuda e desenvolve tecnologias que permitem que máquinas processem imagens (BALLARD & BROWN, 1982), extraindo informações e reconhecendo padrões do objeto de interesse através de um conjunto hardware e software (BARELLI, 2018).

Dentre os processos de conformação mecânica, a trefilação é um dos mais utilizados pela indústria. Esse processo industrial consiste na redução do diâmetro de um fio e respectivo aumento no comprimento do material. A partir da trefilação obtêm-se produtos como arames, barras finas, fios e tubos de pequeno diâmetro (SOUZA, 2011; NUNES, 2012; SOARES, 2012).

Com o auxílio da visão computacional, o presente trabalho busca criar um sistema para reconhecer e extrair informações dimensionais de fios de seção transversal, obtidos através de um processo de trefilação e comparar com a medição convencional. Para isso, foi utilizada a linguagem de programação Python 3 e as bibliotecas OpenCV, PIL/Pillow e NumPy.

Na literatura, as aplicações da visão computacional em processos de conformação mecânica são pouco usuais. Desta forma, este trabalho busca apresentar uma ferramenta inovadora que seja capaz de

reconhecer e extrair informações dimensionais de fios trefilados, sendo uma alternativa no processo de controle de qualidade, que pode resultar em redução de custo de produção e aumento na precisão das medidas do objeto de estudo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os sistemas de visão computacional possuem um fluxo comum à diversas aplicações, em que seguem as etapas de aquisição da imagem, pré-processamento, segmentação, extração de características, reconhecimento de padrões e resultados. Esse fluxo pode ser analisado na Figura 1.



FIGURA 1. Fluxo da visão computacional.

Os processos descritos serão explicados nas seções abaixo.

### Aquisição da imagem

Nesta etapa devem ser considerados dois importantes elementos para se obter uma imagem com qualidade aprovável, que facilitará nas etapas posteriores. O primeiro elemento trata-se dos equipamentos a serem utilizados no ambiente da captura, como câmeras e sistemas de iluminação. O segundo elemento é o algoritmo que faz a leitura e gerencia às próximas ações a serem realizadas (RUDEK et al., 2001; BARELLI, 2018).

### Pré-processamento

Após a aquisição da imagem, com o arquivo digital armazenado e carregado pelo algoritmo, é desempenhada a etapa de pré-processamento para melhorar a qualidade da imagem. É realizado correção de iluminação, contraste, e ruídos com o auxílio de operações aritméticas, geométricas e aplicação de filtros (RUDEK et al., 2001; BRADSKI & KAEHLER, 2008; BARELLI, 2018).

### Segmentação

A segmentação é uma das etapas mais importantes da visão computacional e consiste em separar os objetos de maior interesse de uma imagem. Os objetos a serem estudados são chamados de primeiro plano, e os pixels que não fazer parte dessa região são denominados como segundo plano (BARELLI, 2018; BRADSKI & KAEHLER, 2008).

Neste estudo foi realizado um processo de segmentação por binarização em que podem ocorrer falhas nas regiões que compõem os objetos de estudo. Para corrigir isso, são aplicadas operações morfológicas que modificam o formato ou estrutura dos objetos representados na imagem através de um elemento estruturante, exemplificado como uma imagem binária menor que a imagem original, descrita por uma matriz em que atribuímos suas dimensões  $(i,j)$ . Esse elemento estruturante percorre toda a imagem binarizada, corrigindo pixel a pixel as falhas de acordo com o tipo de operação morfológica (BRADSKI & KAEHLER, 2008; BARELLI, 2018).

### Extração de características

A extração de características é um processo essencial para categorizarmos o objeto de interesse segmentado. Podemos classificá-los quanto as características de aspecto, dimensionais, inerciais e topológicas. Para este trabalho foram extraídas as características dimensionais, que podem ser utilizadas na obtenção da área, perímetro e diâmetro (BRADSKI & KAEHLER, 2008; BARELLI, 2018).

### Reconhecimento de padrões

Embora a etapa de reconhecimento de padrões faça parte do processo de visão computacional, a ferramenta desenvolvida neste trabalho não faz uso de algoritmos computacionais classificadores.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando a linguagem Python 3 e a metodologia descrita anteriormente, implementou-se um sistema capaz de processar imagens e extrair informações referentes às dimensões dos objetos de estudo. Aplicaram-se então as ferramentas desenvolvidas para dimensionar fios trefilados, utilizando fios de cobre de diferentes bitolas, sendo elas 2.5, 4.0, 6.0 e 10.0 mm<sup>2</sup>.

Para obter as dimensões de um objeto de estudo foi necessário, inicialmente, considerar um outro corpo com dimensões já conhecidas, pois partindo da visão computacional obtêm-se somente medidas em pixels. Desta forma, um corpo de prova é necessário para que se possa associar e relacionar dimensões em pixels com medidas reais. Para este caso, utilizou-se como parâmetro dimensional um objeto comum em nosso cotidiano, uma moeda brasileira de R\$0,10 cujo diâmetro nominal é de 20 mm. A Figura 2 mostra a aplicação da visão computacional para obtenção do diâmetro do fio com bitola de 10 mm<sup>2</sup> desencapado.

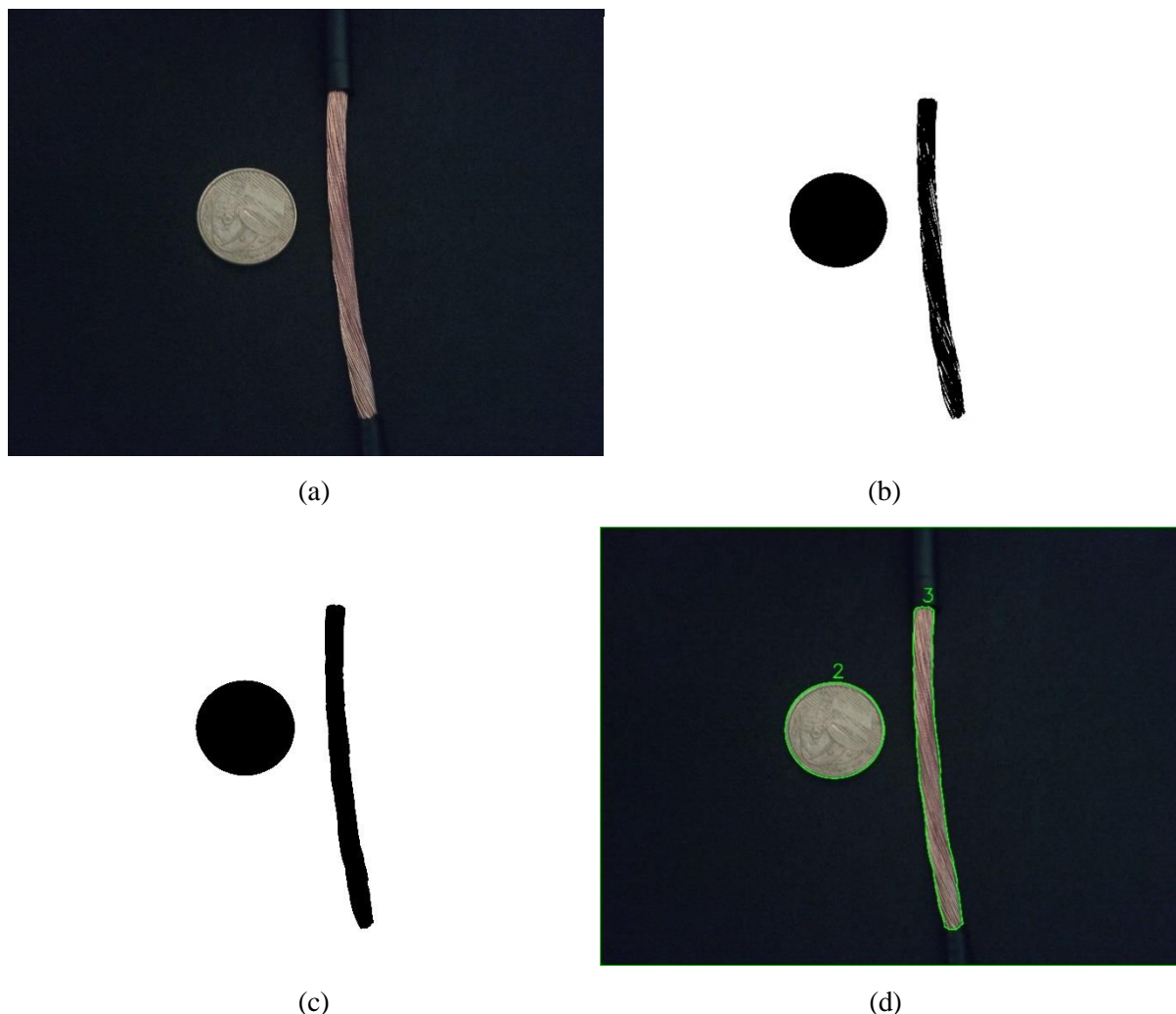


FIGURA 2. Imagem do fio desencapado de bitola nominal de 10 mm<sup>2</sup> (a) original. (b) binarizada. (c) morfológica. (d) processada.

Pôde-se analisar na Figura 2 os resultados obtidos através do processamento de imagem do fio desencapado (a). Nota-se na Figura 2 (b), que a binarização direta da imagem original pode resultar

em pequenas regiões de falha nos objetos de estudo, assim como observado ao longo do fio. A Figura 2 (c) mostra que é possível corrigir essas falhas por meio de operações morfológicas e deste modo segmentar corretamente e uniformemente os objetos, assim como apresentados e numerados na Figura 2 (d).

Utilizando esta metodologia, foi possível obter o diâmetro de cada um dos fios. Para este caso, as medidas foram comparadas com os valores obtidos através de um paquímetro de precisão 0,05 mm. Foram realizadas quatro medições utilizando o paquímetro para cada fio, e considerou-se a média como valor de comparação com o diâmetro nominal. A Tabela 1 mostra os resultados considerando os fios desencapados.

TABELA 1. Valores nominais e mensurados dos fios desencapados.

Bitola (mm <sup>2</sup> )	D <sub>n</sub> (mm)	D <sub>p</sub> (mm)	Erro <sub>p</sub> (%)	D <sub>vc</sub> (mm)	Erro <sub>vc</sub> (%)
2,5	1,784	1,900	6,5	2,133	19,6
4,0	2,257	2,650	17,4	2,888	27,9
6,0	2,764	3,475	25,7	3,301	19,5
10,0	3,568	3,875	8,6	4,066	13,9

Legenda: D<sub>n</sub> = diâmetro nominal; D<sub>p</sub> = diâmetro obtido através do paquímetro; D<sub>vc</sub> = diâmetro obtido através do sistema de visão computacional; Erro<sub>p</sub> = erro percentual do paquímetro em relação ao diâmetro nominal; Erro<sub>vc</sub> = erro percentual do sistema de visão computacional em relação ao diâmetro nominal.

Analisando a Tabela 1, é possível notar erros percentuais relativamente altos comparados aos valores nominais, tanto para as medidas obtidas através do paquímetro quanto para as geradas pelo sistema de visão computacional. Essas diferenças podem ser causadas pelo fato das amostras serem formadas por uma malha de pequenos fios trefilados de cobre. Desta forma, o diâmetro nominal é dado considerando o valor médio dos fios tracionados sem quaisquer deformações.

Além disso, parte do erro pode ser recorrente do grau de imprecisão relacionados a ruídos provenientes da captura das imagens, associados a fatores como: sensores utilizados na captura da cena, iluminação do ambiente, condições climáticas no momento da aquisição da imagem e a posição relativa entre o objeto de interesse e a câmera. Como parâmetro de análise, pode-se comparar as Figuras 2 e 3, que fazem referência à mesma amostra, porém apresentam diferenças na iluminação e posição relativa da câmera com relação ao fio. Nota-se na Figura 3 que não foi possível segmentar corretamente o objeto de interesse devido à influência dos ruídos aqui descritos.

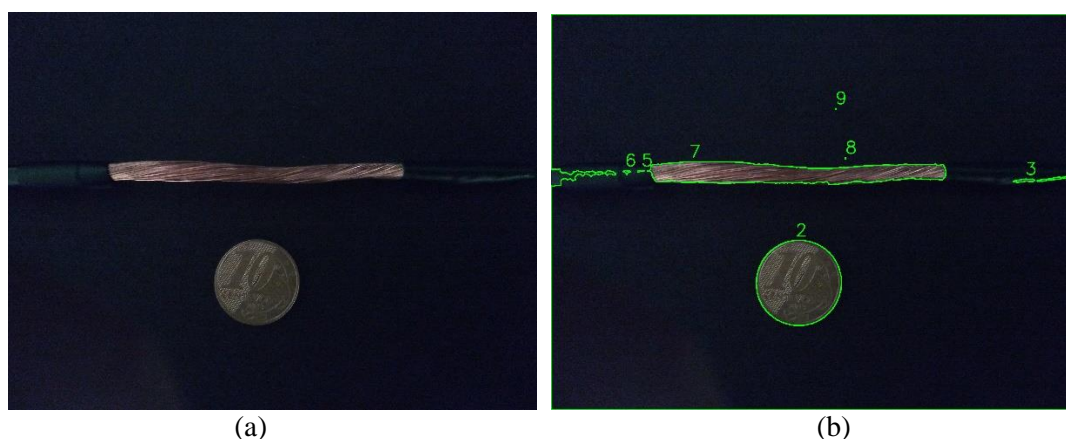


FIGURA 3. Imagem ruidosa do fio desencapado de bitola nominal de 10 mm<sup>2</sup> (a) original. (b) processada.

## CONCLUSÕES

Partindo das ferramentas computacionais apresentadas, foi possível desenvolver um sistema baseado em visão computacional capaz de obter informações dimensionais de fios trefilados utilizando um corpo conhecido como parâmetro dimensional. Este sistema foi capaz de obter medidas relativamente próximas aos valores convencionais obtidos através de medição utilizando paquímetro.

Embora tenha sido possível obter as medidas aproximadas de diâmetro dos diferentes fios, notou-se uma diferença com relação aos valores nominais. Foi perceptível que tal diferença não foi causada diretamente apenas pelo processamento realizado no sistema, pois o mesmo ocorreu com a medição convencional.

Partindo das ferramentas já implementadas, foi possível notar a existência de adversidades que podem agir diretamente na captura e processamento de imagens, afetando os resultados finais. Assim, é possível aprimorar as ferramentas de visão computacional agindo de forma a compensar tais fatores, dentre eles a não uniformidade na iluminação do ambiente em que o corpo de estudo se situa, qualidade dos sensores de captura e influência do ambiente. Como possível melhoria, também poderia ser utilizado um parâmetro dimensional de geometria uniforme e tamanho reduzido, aumentando assim a precisão das medidas que estão relacionadas com dimensões em pixels.

## REFERÊNCIAS

- BALLARD, D.H.; BROWN, C.M. Computer Vision. Nova Jersey: Prentice Hall, 1982.
- BARELLI, F.C. Introdução à Visão Computacional. São Paulo: Casa do Código, 2018.
- BRADSKI G.; KAEHLER A. Learning OpenCV. 1º edição, Sebastopol: O'Reilly Media, Inc., 2008.
- NUNES, R.M. Estudo de distorção de barras cilíndricas de aço ABNT 1045 em uma rota de fabricação envolvendo trefilação combinada e têmpera por indução. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Acesso em: 30 mai. 2019.
- RUDEK, M.; COELHO, L.S.; CANGIHLIERI JR., O. Visão Computacional Aplicada a Sistemas Produtivos: Fundamentos e Estudo de Caso. XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - 2001, Salvador: 2001.
- SOARES, C.A.T. Análise das Tensões Residuais no Processo de Trefilação Considerando os Efeitos de Anisotropia. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Acesso em: 30 mai. 2019.
- SOUZA, T.F. Simulações Computacionais para Análise e Minimização das Tensões Residuais no Processo de Trefilação. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGE3M, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Acesso em: 30 mai. 2019.