

Calibração de trenas utilizando Visão Computacional: caracterização das graduações para medição

Matheus Santana Carvalho
matsantana27@gmail.com
Universidade Federal de Santa
Catarina - Campus Joinville
Brasil, Joinville, SC

Benjamin Grando Moreira
benjamin.grando@ufsc.br
Universidade Federal de Santa
Catarina - Campus Joinville
Brasil, Joinville, SC

Sueli Fischer Beckert
sueli.f@ufsc.br
Universidade Federal de Santa
Catarina - Campus Joinville
Brasil, Joinville, SC

ABSTRACT

Metrology is responsible for the studies of aspects that involve the measurements application, being a common area to engineering in the search for continuous improvement and quality in the process and products. To approximate the machine processing, factory floor, and development of new applications, continuous technological development is demanded from the industrial sector and modernization of its process. In this scenario, Metrology 4.0 uses technologies in the traditional process ensuring the data quality, reliability, and supports decision in real-time. For the innovation of the traditional models of calibration, this paper introduces a software development to realize the comparison of measuring tape with a standard, using Computer Vision, and compares the results of this process with the traditional calibration methods.

PALAVRAS-CHAVE

Visão Computacional, Calibração, Metrologia

1 INTRODUÇÃO

A metrologia é a ciência responsável pelo estudo teórico e prático dos conteúdos que envolvem as medições e suas aplicações, sendo considerada importante para o desenvolvimento da competitividade e da inovação. Entre alguns aspectos de suas avaliações estão a confiabilidade e a qualidade das medições, itens importantes em qualquer sistema de medição [2].

A calibração, por sua vez, é uma operação realizada em laboratórios de calibração e ensaios e trata-se de um processo regulamentado, sob determinadas condições, para a determinação do erro e da incerteza de medição de um instrumento quando comparado com um valor de referência [4].

A utilização cada vez mais crescente de tecnologias no setor industrial, resultou no desenvolvimento da quarta revolução industrial, mais conhecida como Indústria 4.0. O termo ficou amplamente conhecido após a publicação de um conjunto de ações para a indústria e as instituições alemãs, em 2013, com o objetivo de difundir o assunto pelo país [5].

De acordo com [5], a Indústria 4.0 possibilita implementar tecnologias, como a visão computacional, robótica avançada, inteligência artificial e Internet das Coisas (IoT). Com o avanço dessas tecnologias, novas bibliotecas, frameworks, softwares e equipamentos passaram a ser desenvolvidos para diversos setores. Nesse sentido, este trabalho propõe a utilização da visão computacional para contribuição no processo de calibração de trenas, mais especificamente, trenas de fita de aço.

Segundo [3], trenas de fita de aço são instrumentos de medição que possuem uma fita graduada em todo o seu comprimento. A

calibração da trena envolve a comparação da escala da trena com um padrão, normalmente é utilizado uma régua graduada, através de um instrumento com escala para medição da diferença entre o mesmo traçado da trena e do padrão.

Embora o processo completo de calibração inclua a comparação da régua padrão com a trena, medindo cada diferença nas graduações da trena, esse trabalho apresenta a etapa inicial do processo, sendo essa responsável por detectar as graduações da régua padrão e da trena e o reconhecimento da numeração de cada graduação.

2 SOLUÇÃO PROPOSTA

A solução proposta neste trabalho envolve a utilização de Visão Computacional (VC) para analisar capturas de uma regra graduada padrão de bancada de calibração, denominada no trabalho de "régua padrão", e a trena a qual se deseja calibrar, comparando suas graduações com as da régua padrão.

A régua padrão e a trena são analisadas utilizando uma câmera de vídeo e, a partir das capturas, são caracterizadas as graduações da régua padrão e da trena para fins de comparação e subsequente calibração. Para o processo é preciso identificar as graduações da régua padrão e da trena e caracterizar cada graduação o mais preciso possível. Embora exista uma função para a detecção de retas em uma imagem, ela não é precisa o suficiente, por exemplo, com o método disponível na biblioteca OpenCV¹. Para o trabalho, também se faz necessário aplicar um método de OCR (Optical character recognition - Reconhecimento óptico de caracteres) para reconhecer o valor de cada graduação.

2.1 Definição ótica

A definição ótica é a etapa responsável pela definição do tamanho da lente da câmera e a iluminação. Para tanto, são realizados testes com lentes de diferentes tamanhos e aberturas da íris da lente. Simultaneamente é realizado a troca da iluminação, com o objetivo de minimizar ruídos e destacar os itens utilizados no processamento da imagem.

Para este trabalho, a definição ótica estabeleceu o uso da câmera industrial GigE. Testes de iluminação e lentes foram realizados com o objetivo de uniformizar a iluminação, evitar reflexos e destacar os traços. Para isso, foi definida a utilização da iluminação do tipo anel (*Ring light*) juntamente com uma lente com 16 milímetros de abertura real e a abertura da íris em $f/1.6$.

Como a régua padrão disponível para o processo de calibração foi fabricada em aço inox, para minimizar reflexos da iluminação, foi utilizado um filtro polarizador na lente da câmera. Com isso, foi

¹<https://opencv.org>

possível reduzir o brilho/reflexo da iluminação, uma vez que o filtro polarizador permite somente a passagem da luz em uma direção.

2.2 Estrutura para aquisição das imagens

Para a aquisição das imagens foi realizada a montagem de uma estrutura que permitisse o deslocamento da câmera juntamente com a iluminação por toda a extensão da régua padrão e da trena.

A estrutura é composta por duas guias modulares e um portal. As guias permitem o deslocamento do portal por toda a extensão da régua padrão e da trena. A câmera foi fixada na parte superior do portal utilizando-se peças específicas e a iluminação foi fixada utilizando um braço articulado. Tanto a câmera quanto a iluminação estão fixadas a uma distância de trinta centímetros da bancada.

As imagens foram adquiridas continuamente durante o deslocamento da câmera, ou seja, foram realizadas capturas de todas as indicações no decorrer de 1 metro (tamanho da régua padrão utilizada). Ao total foram realizados dez deslocamentos, obtendo 382 imagens e quatro diferentes configurações de exposição da câmera.

2.3 Pré-processamento das imagens

O pré-processamento objetivou reduzir ruídos e destacar traçados e numerações da trena e da régua padrão. Inicialmente, cada captura é convertida para tons de cinza para redução da dimensão da imagem.

Um filtro de **Desfoque** é utilizado para remover detalhes de texturas da imagem. O próximo filtro é responsável por remover detalhes que não são necessários para o processamento da imagem, sendo aplicado o *thresholding*, mais especificamente, é utilizada a técnica de **Threshold adaptativo**.

Os dois últimos filtros são aplicados em conjunto com o objetivo de remover os ruídos, sendo aplicado os filtros de **Erosão e Dilatação**.

Por fim, é realizada a **seleção** da imagem, mantendo apenas a trena e a régua padrão na captura. As regiões que são o fundo da imagem são removidas (uma das regiões está na parte superior e a outra na parte inferior da captura).

2.4 Processamento da imagem: identificar graduações

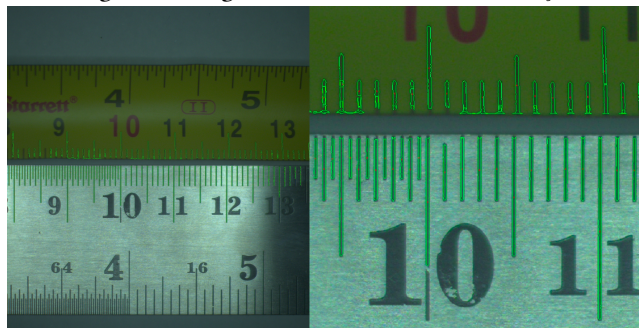
A identificação dos contornos de cada traço, tanto da régua padrão quanto da trena, é mostrada na figura 1. Para cada contorno identificado na imagem, é calculada a área e o centro de massa. Essas informações são utilizadas para filtrar os traços e remover ruídos.

Com todos os contornos identificados, é realizada uma filtragem dos traços com base no valor da área e do centro de massa no eixo Y. A área é utilizada para filtrar os traços que compõem as dezenas de cada dispositivo de medição, enquanto o centro de massa no eixo Y serve para filtrar possíveis ruídos e a separação dos contornos da régua padrão e da trena. Os traços de indicação da régua padrão e da trena são separados e ordenados em ordem crescente no eixo X de acordo com as coordenadas do centro de massa.

2.5 Processamento da imagem: obter numerações

Outra etapa de processamento é a determinar a indicação numérica de cada traço. Para isso é realizado o *Optical Character Recognition*

Figura 1: Imagem com os contornos dos traços



(OCR - Reconhecimento Ótico de Caracteres). Para a realização deste processamento, é utilizado o Tesseract² com o uso da biblioteca pytesseract³.

Aplicando o OCR nas imagens, o Tesseract retorna a quantidade de regiões detectadas, com as coordenadas e tamanho do retângulo onde o carácter se encontra, assim como, o nível de confiança e o texto detectado por região.

Com o resultado do OCR da imagem, são consideradas aquelas que apresentam nível de confiança maior que 80%. Em seguida, é realizada uma verificação para confirmar se o texto reconhecido representa um número e, com essas etapas, a numeração do traço em análise é definida.

O cenário ideal seria a detecção e reconhecimento de todas as numerações, de cada traço, tanto da régua padrão quanto da trena com um nível de confiança alto. Porém, devido as características construtivas de cada dispositivo, diferença de iluminação e outros efeitos/ruídos nem todas as numerações foram detectados e reconhecidos.

Para identificar cada valor numérico da régua e trena, as numerações não reconhecidas (abaixo de 80% de confiança) são definidas por inferência com base nos valores identificados da vizinhança.

3 RESULTADOS

Com os traços detectados e as numerações reconhecidas é realizado o cálculo das distâncias dos traços entre a régua padrão e a trena. Isso foi realizado a partir do cálculo da distância em pixels entre as marcações de cada dispositivo, conforme é apresentado na tabela 1.

Table 1: Distância entre os traços dos dispositivos de medição

Indicação (cm)	Régua padrão (pixels)	Trena (pixels)
8 - 9	361	366
9 - 10	360	366
10 - 11	359	366
11 - 12	357	363
Média	359	365

²<https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>

³<https://pypi.org/project/pytesseract/>

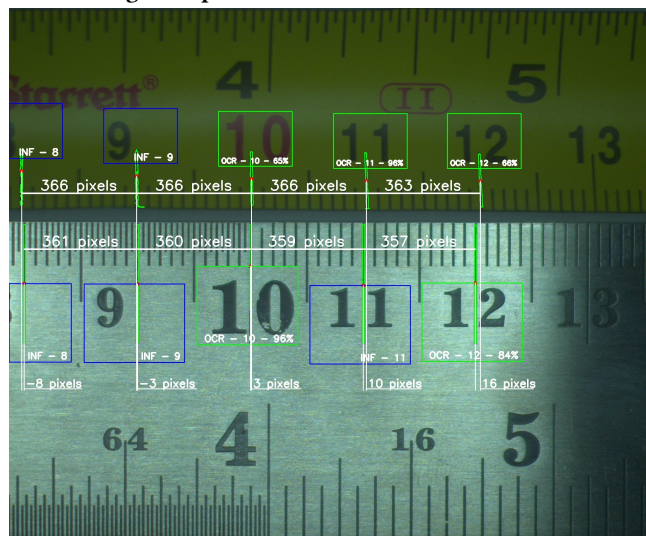
Analisando os dados apresentados na tabela 1, pode-se perceber que a trena possui, na maioria, 366 pixels de distância entre dois traços. Somente a distância entre as indicações de 11 - 12 centímetros apresenta um valor diferente, sendo de 363 pixels (a quantidade de pixels entre cada centímetro medido está relacionada com a distância da câmera e resolução utilizada para a captura). Essa diferença pode estar relacionada com a iluminação e a distorção das bordas gerada pela lente da câmera. É importante destacar que os 366 pixels correspondem a 1 centímetro devido a distância de captura entre a câmera e a régua padrão/trena. Com isso, a diferença de 3 pixels corresponde a aproximadamente 1,1 milímetro (1,1% de erro). Não é escopo deste trabalho mensurar o quão significativa é essa diferença no processo de calibração. Essa diferença na indicação entre os centímetros 11 e 12 com relação as demais, ocorre tanto na trena quanto na régua padrão, o que faz com que o erro seja compensado para o posterior processo de calibração.

Analisando os dados da régua padrão, as distâncias entre dois traços apresentadas na tabela 1 possuem valores diferentes em todos os casos. Desde a etapa de pré processamento, a régua padrão sempre apresentou uma quantidade expressiva de ruídos devido a diferença da iluminação em toda a região do dispositivo de medição.

Com a finalização dos cálculos, a última fase do processamento consiste em reunir todos os dados obtidos ou calculados exibi-los de forma conjunta na imagem para a avaliação do operador. Nesta etapa de validação são apresentados os seguintes itens: Traço; Centro do traço; Determinar a numeração; Nível de confiança do OCR na identificação da numeração; Distância entre os traços de cada dispositivo de medição; Erro entre cada marcação dos dispositivos de medição.

Com base nas manipulações realizadas são obtidos os resultados demonstrados através do validador mostrado na figura 2.

Figura 2: Imagem do validador com os elementos identificados na imagem capturada



Através da figura 2 é possível observar todas as regiões de interesse e cálculos realizados durante a etapa de processamento. As

regiões utilizadas na identificação da numeração podem apresentar três diferentes cores. A cor verde representa que o OCR foi o processo utilizado para reconhecimento da numeração, enquanto a cor azul representa a determinação do valor por inferência e a cor vermelha (não apresentada na figura) que não foi possível identificar a numeração. Para exemplificar, na região da marcação de onze centímetros da trena apresenta "OCR - 11 - 96%". Portanto, o OCR identificou a numeração como onze e com 96% de certeza no reconhecimento da marcação. Já a marcação de onze centímetros da régua padrão apresenta "INF - 11". Neste caso, o reconhecimento da marcação foi definido como onze com a utilização do processo de inferência. Nas situações onde não seja possível determinar a marcação por meio do OCR ou inferência, a legenda será apresentada como "NF" de *Not Found*.

Também são demonstradas na figura 2, a distância entre os traços (tabela 1) e o erro entre cada marcação dos dispositivos de medição. Com isso, tem-se a diferença entre a trena e a régua padrão para cada marcação identificada no processamento. Posteriormente essas diferenças devem ser comparadas para o processo de calibração.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma calibração confiável exige a correta caracterização da graduação da régua padrão e da trena. Para isso é preciso aprimorar a forma como é determinado o centro da graduação, uma vez que a imagem capturada possui imperfeições que afetam a correta definição. O trabalho ainda precisa determinar a resolução mínima necessária (podendo variar a qualidade da câmera ou distância da captura) e estrutura física para fixação da câmera, visando alcançar a melhor identificação das graduações possível.

O objetivo desse trabalho é desenvolver um sistema não para a mensuração utilizando apenas uma câmera. Devido a precisão necessária, o trabalho considera que a régua padrão é um elemento indispensável para a aplicação e, nesse sentido, o processo de calibração deve seguir as normas existentes quanto à temperatura do ambiente e demais requisitos. Além disso, como a régua padrão é o elemento indispensável na proposta, é considerado que não é necessário fazer a calibração para o tipo da câmera, sendo cada graduação da régua padrão utilizada na comparação.

REFERÊNCIAS

- [1] European Machine Vision Association. 2022. Introduction. <https://www.emva.org/standards-technology/genicam/introduction-new/>
- [2] CONMETRO. 2017. Diretrizes estratégicas para a metrologia brasileira 2018-2022.
- [3] Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2012. ABNT NBR10123: instrumentos de medição e controle - trena de fita de aço - requisitos.
- [4] INMETRO. 2012. Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados.
- [5] Confederação nacional da indústria. 2016. Desafios para a indústria 4.0 no Brasil.
- [6] OpenCV. 2022. Image Thresholding. https://docs.opencv.org/4.6.0/d7/d4d/tutorial_py_thresholding.html