

# Protótipo de sistema para obtenção da força e deformação de corpos de prova

Emanuel Túrmina Torres

manu-tt@hotmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina

Joinville, Santa Catarina, Brasil

Lucas Francisco Vieira

vieira.lucasfrancisco@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina

Joinville, Santa Catarina, Brasil

Guilherme Araujo Machado do Nascimento

guilhermeamn1@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina

Joinville, Santa Catarina, Brasil

Benjamin Grando Moreira

benjamin.grando@ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina

Joinville, Santa Catarina, Brasil

## ABSTRACT

This work presents the development of a prototype of an automated tensile machine for deformation analysis, with a deformation analysis using Computer Vision. This article mainly presents aspects related to the computer vision resource applied to the process, which allows analyzing the distance between two markings on the evaluated specimen. Although measurements obtained are not useful for real analysis, improvements were identified and described in the work.

## 1 INTRODUÇÃO

O presente artigo apresenta parte de um protótipo de máquina de tração automatizada com análise de deformação por extensômetro de vídeo e também uma interface de usuário para a operação do sistema.

O objetivo principal apresentado neste artigo está no extensômetro de vídeo, podendo a solução ser utilizada associada à máquina de ensaios universal de laboratórios de materiais. Sendo assim, o trabalho apresenta principalmente aspectos da análise de vídeo.

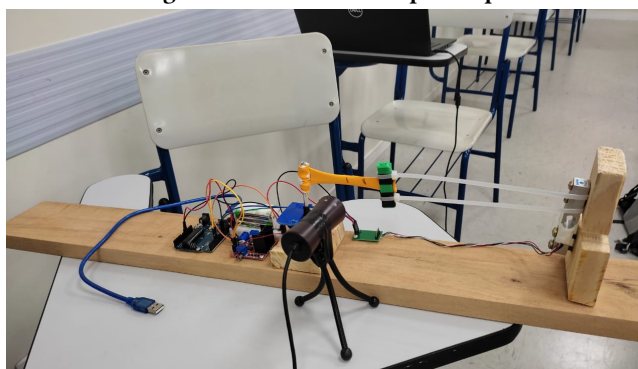
Sobre a estrutura de tração para testar o extensômetro de vídeo, essa consiste em um sistema de aplicação de força (motor), responsável por aplicar a força ao corpo de prova de maneira controlada. Tanto o corpo de prova, quanto o motor estão presos a uma estrutura de madeira por uma garra e uma placa de fixação. Uma célula de carga é utilizada para medir a força aplicada durante o ensaio de tração. A Figura 1 apresenta a estrutura desse protótipo.

## 2 TRABALHOS RELACIONADOS

Com o intuito de auxiliar na execução e montagem do projeto, alguns trabalhos com uma proposta semelhante foram pesquisados e usados como base para o desenvolvimento do mesmo. O artigo chamado "Construção e Validação de um Protótipo para Estudo de Flexão comandado pela Plataforma Arduino" [3], demonstra a construção de um protótipo de ensaio de flexão para materiais de baixa resistência mecânica, utilizando Arduino, motor DC, ponte H e transdutor de posição.

Outro artigo, intitulado de "Fully Functional Tensile Testing Machine: Tinkercad Contest Version" [4], propõe um protótipo de máquina para ensaio de tração, utilizando também Arduino, célula de carga, motor de passo, assim como um driver para o motor. Nesse

Figura 1: Versão final do protótipo



artigo se encontra toda a parte de montagem mecânica e elétrica, assim como os códigos da parte de software do Arduino. Além disso, também é apresentado um passo-a-passo de como o protótipo foi construído no Tinkercad.

O trabalho "Projeto e construção de uma máquina de ensaio de tração com acionamento mecânico" [2] envolve também etapas e componentes semelhantes aos que foram usados no protótipo apresentado neste resumo. A proposta é de um ensaio de tração de baixo custo, limitado a corpos de prova impressos em uma impressora 3D.

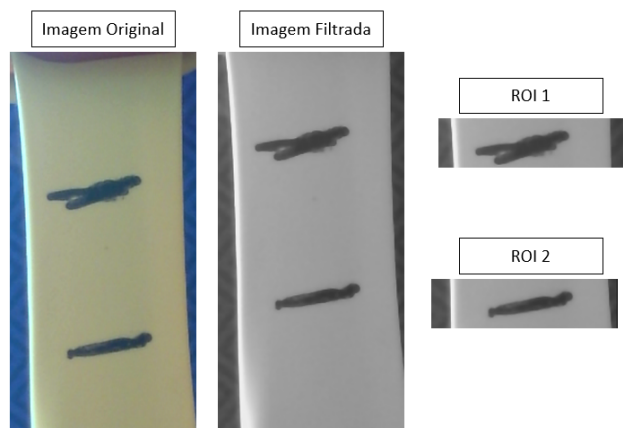
## 3 SOLUÇÃO PROPOSTA

O projeto em questão é fundamentado na aplicação de algoritmos de Visão Computacional, implementados em Python, com ênfase nas bibliotecas *OpenCV* e *Scikit-Learn*. Para aprimorar as etapas subsequentes, são inicialmente aplicados filtros como o *cv2.bilateralFilter* nas imagens originais.

O algoritmo realiza, então, a detecção de regiões de interesse (ROI) das imagens, como mostra a Figura 2, segmentando-as em cenas distintas. Essas cenas permitem a análise individual de cada seção, tornando seus valores globais e permitindo junção futura - melhorando, assim, a precisão das análises.

Após a normalização dos dados, um filtro de Sobel é empregado nas ROI para destacar pontos de maior transição de contraste, identificando, por exemplo, linhas escuras sobre um fundo claro.

Figura 2: Filtragem e regiões de interesse



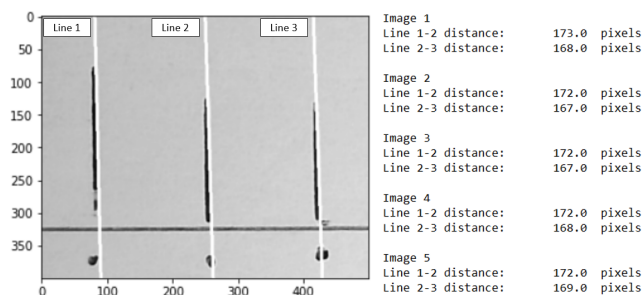
Esses pontos de transição são então analisados utilizando a função *np.polyfit*, que realiza um ajuste polinomial para identificar a linha representativa desses. Com base nas linhas identificadas, torna-se possível calcular a distância entre elas, proporcionando informações sobre a disposição e orientação das características presentes nas cenas analisadas.

### 3.1 Calibração

A etapa inicial do projeto envolve a calibração da câmera. A distância da câmera para a imagem a ser mensurada altera a relação da quantidade de pixels para representar um centímetro. A calibração é feita no projeto por meio de marcações estrategicamente posicionadas nas garras, na qual é estabelecida uma relação entre os pixels da imagem e a unidade física de metros.

A Figura 3 demonstra a simulação realizada para essa fase, onde marcações, com distâncias internas de 1 centímetro, foram inscritas em uma folha de papel. Uma série de doze imagens, com focos levemente diferentes, foram capturadas pela câmera para tentar identificar se haveria impacto na detecção.

Figura 3: Simulação da calibração da câmera



O algoritmo detecta a posição de cada uma das linhas, e então calcula a distância, em pixels, entre elas. Com base nos resultados

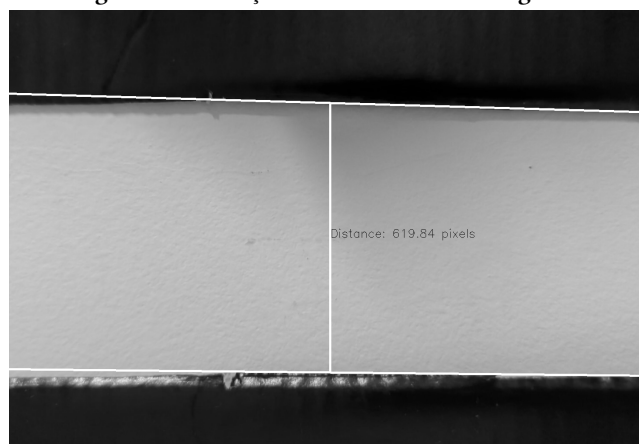
obtidos, pode-se considerar que a simulação de calibração foi bem sucedida. Entretanto, como as simulações foram realizadas em instâncias diferentes, e com distâncias focais distintas, a relação de pixel para metro obtida não foi utilizada nas outras abordagens.

### 3.2 Distância entre garras

Com a câmera calibrada, avança-se para a determinação da distância entre as garras. Esse passo é crucial para estabelecer a correspondência entre a distância física real e a deformação observada no corpo de prova durante o teste de tração.

Conforme Figura 4, duas bases retangulares pretas foram usadas para simular as garras responsáveis por segurar o corpo de prova. O algoritmo detectou, então, as linhas de limite de cada uma, visando encontrar a distância entre elas.

Figura 4: Simulação da distância entre as garras



Durante a simulação, a presença de uma superfície com alta reflexão na seção inferior apresentou interferências bruscas na realização da detecção. Esse ponto será de importante consideração na hora de formular a peça real, uma vez que quanto menos incongruências presentes na análise, melhor devem ser os resultados.

### 3.3 Distância de deformação

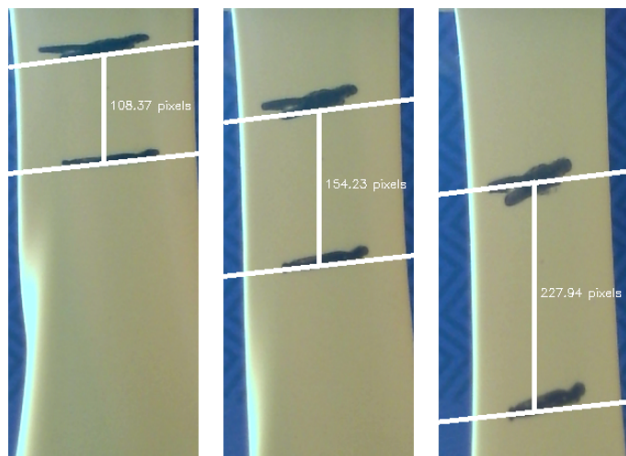
Na fase final, foi realizada a análise da deformação no corpo de prova - nesse caso, um balão de borracha. Duas marcações foram inscritas em seu centro, com o intuito de investigar as mudanças ocorridas sob a influência das forças aplicadas.

Por possuir um alto limite de escoamento plástico, o material pode ser extensamente deformado, vide Figura 5. A presença de linhas de contraste no interior da marcação superior dificultou a detecção do centro quando comparada com a inferior. Isso gerou uma margem de erro de cerca de 5 pixels, mas que pode ser facilmente corrigida na versão final.

## 4 INTERFACE DE COMUNICAÇÃO

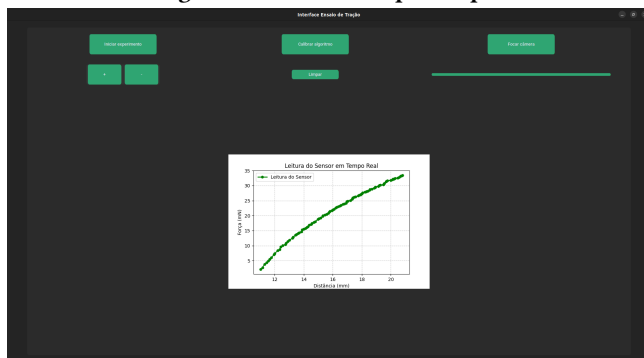
Com o intuito de configurar os parâmetros necessários para o experimento, assim como visualizar os resultados do teste, uma interface gráfica foi desenvolvida usando Python e a biblioteca *serial* para

Figura 5: Simulação da deformação do corpo de prova



comunicação serial com o Arduino. Uma interface do protótipo é mostrada na Figura 6 que, além de botões de ações, mostra um gráfico representando a distância e a força, medidos através da célula de carga e do motor.

Figura 6: Interface do protótipo



Na interface é possível mudar o sentido de giro do motor (tracionar ou puxar), focar a câmera, calibrar o algoritmo de visão computacional e também visualizar em tempo real as medições feitas pelo Arduino em um gráfico. Além disso, o botão principal que é utilizado para iniciar o experimento, após todas as configurações terem sido realizadas. Além do gráfico, há também uma barra de progresso que indica, em porcentagem, quanto tempo já se passou do teste, baseado no tempo total configurado inicialmente.

A interface envia e recebe os comandos via comunicação serial com o Arduino e cria uma thread para realizar a leitura do sensor, a qual só é iniciada quando o botão de iniciar experimento é ativado. Ao finalizar, a thread é encerrada e um aviso de teste finalizado é mostrado na tela.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou um protótipo inicial funcional para avaliar o uso de Visão Computacional para análise de extensão de materiais. Embora funcional, a precisão nas medidas não é suficiente para aplicações reais de análises em ensaios de laboratório.

A solução apresentada elaborou um mecanismo simples para aplicar tração a um balão, embora o melhor seria uma comunicação com uma máquina de ensaios universal de laboratório de materiais.

O problema encontrado no cálculo da distância de deformação, que é influenciado pelo alto limite de escoamento plástico do material de análise utilizado (conforme identificado na Figura 5), uma possibilidade poderia ser identificar o contorno das marcações e obtido o centro de gravidade, conforme feito em [1], mas essa opção não foi testada.

## REFERÊNCIAS

- [1] Matheus Santana Carvalho, Benjamin Grando Moreira, and Sueli Fischer Beckert. 2023. Calibração de trenas utilizando Visão Computacional: caracterização das gradações para medição. *Anais do Computer on the Beach 14* (2023), 470–472. <https://doi.org/10.14210/cotb.v14.p470-472>
- [2] Klinsmann Oliveira Costa, Marcelo Henrique Araujo, Marcos Raphael Batista Gonçalves, Maxwell Jonathan Azevedo Santos, Renato Aguilár Santos, and Vinicius Silva Nunes. [n. d.]. Projeto e construção de uma máquina de ensaio de tração com acionamento mecânico. ([n. d.]). [https://www.ifmg.edu.br/arcsos/ensino-1/tai/20182\\_TAI4\\_Mquinadetrao.pdf](https://www.ifmg.edu.br/arcsos/ensino-1/tai/20182_TAI4_Mquinadetrao.pdf)
- [3] Bruno Santana, Claudia Dias, and Frederico Cruz. 2017. Construção e validação de um protótipo para estudo de flexão comandado pela plataforma Arduino®. *Revista de Engenharia e Tecnologia 9* (04 2017), 28–37. <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/11680/209209209657>
- [4] Xieshi. [n. d.]. Fully Functional Tensile Testing Machine: Tinkercad Contest Version. ([n. d.]). <https://www.instructables.com/Universal-Tensile-Testing-Machine-VERSION-TWO/>