



## Sistema de aquisição de dados do alongamento de um corpo de prova em um ensaio de tração por meio de técnicas de Processamento Digital de Imagens

Pedro Raphael Carneiro Vasconcelos<sup>1</sup>, Gustavo Costa Holanda<sup>2</sup>, Willys Machado Aguiar<sup>3</sup>, Antonio Alves Carvalho<sup>4</sup>, Roselia Neves Carvalho<sup>5</sup>, Auzuir Ripardo de Alexandria<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Mecatrônica Industrial – IFCE. Bolsistas do CNPq/Pibic. e-mail: pedrorcv@gmail.com

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia de Telecomunicações – IFCE. Bolsistas do CNPq/Pibic. e-mail: gustavocostaholanda@gmail.com

<sup>3</sup>Professor Doutor do IFCE. e-mail: willys@ifce.edu.br

<sup>4</sup>Professor Doutor COPPE/UFRJ. e-mail: antoniocarvalho99@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Graduando em Engenharia de Mecatrônica – IFCE. Bolsistas do CNPq. e-mail: roselianevescarvalho@gmail.com

<sup>6</sup>Professor Doutor do IFCE. e-mail: auzuir@ifce.edu.br

**Resumo:** O ensaio de Tração é muito utilizado para quantificar propriedades mecânicas de material diversos, necessárias para o desenvolvimento de projetos nas áreas das engenharias em geral. Tal procedimento tem o intuito de alongar o corpo de prova gerando uma deformação até sua ruptura. O gráfico gerado entre esse alongamento e a tensão aplicada retornam propriedades importantes na engenharia. Este projeto tem o objetivo de desenvolver um sistema de aquisição do alongamento de um corpo de prova durante um ensaio convencional de tração por meio de um vídeo extensômetro. Esse sistema é baseado em Processamento Digital de Imagem. A câmera captura imagens do corpo de prova às envia para o computador que através do software as processa e segmenta para o cálculo do alongamento. Tal sistema somado a outros componentes como célula de carga ou sensor de pressão pode apresentar no final de um ensaio um gráfico tensão x deformação para obter os resultados das propriedades mecânicas desejadas, que geralmente são: módulo de elasticidade, limite de resistência a tração, limite de escoamento e alongamento máximo. O sistema proposto mostra-se eficiente a partir da obtenção dos resultados do ensaio de tração mecânica, tornando o trabalho de um especialista bem mais simples, prático e rápido em relação ao ensaio convencional além de evitar a retirada do extensômetro durante o ensaio por problemas de capacidade máxima de alongamento dos equipamentos. Os valores coincidentes de alongamento visto pelo vídeo extensômetro e por paquímetro conferem a usabilidade desse equipamento.

**Palavras-chave:** ensaio, imagem, tração, vídeo-extensômetro

### 1. INTRODUÇÃO

A Engenharia dos Materiais é de extrema importância no mundo atual. Essa importância vem aumentando significativamente no decorrer dos anos devido à necessidade do aumento da confiabilidade e da eficiência do material utilizado para projetar e construir nas áreas da Engenharia em geral. Um exemplo clássico da evolução da necessidade do aumento da confiabilidade dos projetos é a comparação entre os navios e aviões construídos atualmente com os fabricados em décadas passadas. Hoje, durante a elaboração de um projeto, levam-se muito mais em conta as características estruturais do material a ser utilizado, avaliando sua capacidade de suportar adversidades ao longo de seu percurso. (REBOUÇAS, 2007).

O ensaio de tração, que é uma aplicação prática nos estudos da Engenharia dos Materiais, é aplicado em um corpo de prova submetido a uma carga axial na sua seção transversal. Tal procedimento tem o intuito de alongar o corpo de prova gerando uma deformação até sua ruptura. Por meio de um gráfico gerado pelas grandezas tensão e deformação é possível fazer uma série de cálculos que quantificam suas propriedades mecânicas necessárias para o desenvolvimento de projetos nas áreas das engenharias, como por exemplo: Limite de resistência a Tração, Limite de Escoamento, Módulo de Elasticidade (CALLISTER, 2002).

Para capturar os dados que alimentam este sistema é adicionado à máquina o vídeo-extensômetro, de modo a calcular o alongamento da peça através de Processamento Digital de Imagens. Esse processamento consiste em detectar dois pontos marcados no corpo de prova através de



um software que recebe os dados de uma câmera e processa-os para a obtenção dos valores de alongamento. (GONZALES, 2002)

Após a ruptura do corpo de prova, o *software*, se combinado com um sistema de aquisição dos valores de tensão calcula todas as propriedades relacionadas ao ensaio gerando um arquivo com todas as informações necessárias, como por exemplo o gráfico, as propriedades mecânicas, o relatório de ensaio e o usuário. O desenvolvimento do sistema que é proposto possibilita uma obtenção de dados relativamente fácil e precisa dos resultados esperados, tornando mais ágil o trabalho do operador que convencionalmente faria cálculos à mão em um gráfico gerado mecanicamente pela máquina. (MIZRAHI, 1994).

Visando tornar ainda mais prático o ensaio de tração convencional, o atual projeto tem como objetivo desenvolver um sistema de aquisição de dados do alongamento de um corpo de prova durante o ensaio de tração por meio de vídeo extensômetro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

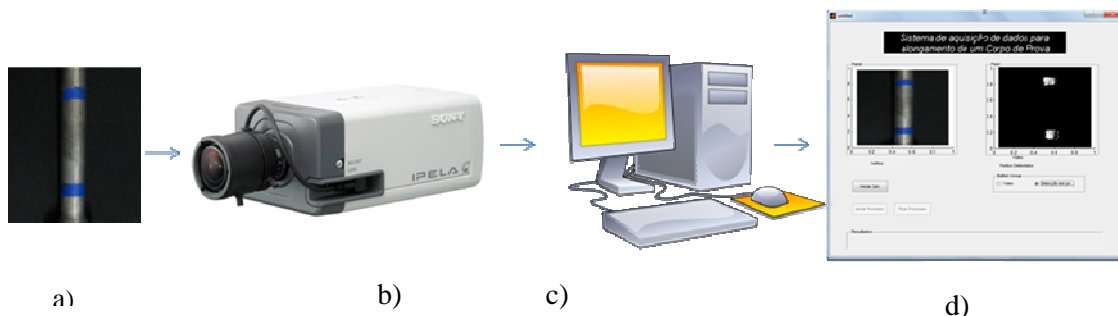
A Automação Industrial se mostra capaz de aumentar a produção reduzindo custos, evitando desperdícios com perda de material e reduzindo a quantidade de mão de obra na produção, tornando o processo industrial cada vez mais prático e lucrativo. (THOMAZINI, 2007).

A extensometria é uma técnica utilizada para a análise experimental de tensões e deformações em estruturas mecânicas e de alvenaria. Essas estruturas apresentam deformações sob carregamento ou sob efeito da temperatura. É importante conhecer a extensão destas deformações que muitas vezes precisam ser monitoradas constantemente, o que pode ser feito de diversas formas. Algumas são o relógio comparador, o detector eletrônico de deslocamento, por camada frágil, por fotoelasticidade e por *strain-gauge*. (SOUZA, 1998).

Para ensaios de tração o uso mais comum de extensômetros são os mecânicos e eletrônicos. Os mecânicos medem a extensão de elongação da peça de forma puramente mecânica em que o valor deslocado é mostrado pela escala de medida do próprio equipamento. Os eletrônicos, em geral, possuem sensores que conforme o deslocamento entre as bases do equipamento ele envia sinais elétricos para uma placa de aquisição de dados geralmente ligada ao computador para que sejam feitos os cálculos necessários à aplicação. (HIBBELER, 2000)

Extensômetros elétricos são largamente utilizados para medir deformações em estruturas como pontes, máquinas, locomotivas, navios e ainda associados a transdutores para medir pressão, tensão, força e aceleração. São ainda associados a outros instrumentos de medidas para uso desde análise experimental de tensão até investigação e práticas médicas e cirúrgicas. Podemos destacar também seu uso acadêmico e industrial para realização de ensaios mecânicos. (PORTNOI, 2011).

O vídeo extensômetro é um equipamento que possibilita calcular o alongamento de um corpo de prova durante um ensaio de tração através de Processamento Digital de Imagens particularmente adequado para testes em amostras de elevado alongamento para determinação do alongamento na carga máxima e / ou ruptura. Essa ferramenta se torna muito útil em situações em que se quer gerar gráficos computadorizados. Ele deve ser acoplado à máquina de forma que seja possível sua fácil regulação para que atenda as necessidades do operador e aos requisitos da norma. Para desenvolver esse equipamento é necessária uma câmera que permita uma boa qualidade de imagens e um suporte firme e que absorva vibrações para que a vibração da própria máquina de ensaios não altere os resultados. A câmera escolhida é controlada por um *software* que interpreta os dados capturados e os faz interagir com outro programa que irá relacionar o valor do alongamento com a força aplicada no corpo de prova. A imagem é digitalizada por uma câmara e é processada por um computador em tempo real. Este processamento de imagem permite a determinação do alongamento durante deformações mecânicas. A utilização do vídeo extensômetro tem muitas vantagens em comparação com os convencionais extensômetros mecânicos. Na Figura 1 está o arranjo do sistema proposto por esse trabalho em que a câmera captura imagens do corpo de prova às envia para o computador que através do software as processa e segmenta para o cálculo do alongamento. (NBR NM - ISO 7500-1).



**Figura 1** Esquema utilizado no trabalho proposto. a) Corpo de prova marcado de azul; b) Câmera usada no vídeo extensômetro; c) Computador; d) Janela do software utilizado.

O vídeo extensômetro em questão está adaptado na máquina de tração ZD 20 localizada no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). No decorrer desta pesquisa foram realizadas visitas técnicas com a intenção de conhecer dificuldades enfrentadas na prática do uso comum de equipamentos para ensaios de tração.

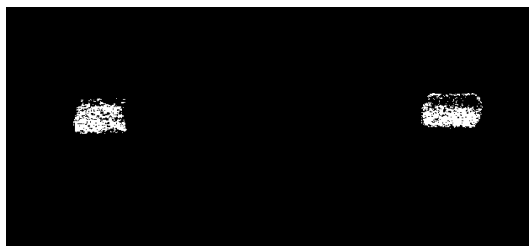
Na captura do alongamento do corpo de prova é necessário fixar dois pontos que serão tomados por base para que o vídeo extensômetro calcule o alongamento. Para esse cálculo foram realizadas marcações com tinta spray, própria para materiais metálicos o que demonstrou boa qualidade de uso.

O vídeo extensômetro tem por base de funcionamento o Processamento Digital de Imagens. Sua implementação foi feita visando à praticidade em transformar dados de imagens que são processados utilizando o *software* MATLAB na plataforma Windows 7 transformando-os em informações digitais. Esse tipo de equipamento já é existente no mercado, porém é de alto custo, por esse motivo é visado criar um vídeo extensômetro de baixo custo, mas que atenda perfeitamente as expectativas, a obtenção do valor real de alongamento com erro aceito pela norma. As técnicas empregadas consistem em capturar o vídeo do ensaio através de uma câmera posta diante do centro do corpo de prova fixado na máquina em tempo real para que essas informações trabalhem em conjunto com a tensão instantânea aplicada no corpo de prova. O *software* responsável pelo processamento da filmagem transforma o vídeo em *frames* e processa as imagens com uma velocidade de vinte frames por segundo, velocidade esta geralmente de valor mínimo em máquinas de tração que recebem vinte valores de alongamento por segundo, o mesmo que vinte quadros por segundo, já que cada um retorna um valor. Após a captura dos quadros o programa transforma as imagens obtidas para tons de cinza, desse modo ele interpreta quais pontos das imagens possuem a intensidade das cores azul ou vermelha por segmentação. Dependendo da cor que for programada para a captação e dependendo da cor com que o corpo de prova for marcado. Com a interpretação dos dois pontos marcados, por meio de uma função que detecta o centro geométrico de cada região encontrada, é calcula a distância em *pixels* aplicando o cálculo Euclidiano para distância entre dois pontos. Logo em seguida é efetuada a conversão para alongamento em milímetros. Essa conversão depende diretamente de uma calibragem feita previamente com a distância entre a lente da câmera e o corpo de prova. Como o suporte está fixado essa calibração só é necessária caso por algum motivo excepcional o suporte tenha que ser movido do local. (GONZALES, 2009).

O acompanhamento da distância entre os ponto é dado pelo uso do paquímetro com o qual se verifica o valor aproximado pelo *software*. A diferença entre esses valores pode ser vista na Tabela 1 na seção 3. É possível observar nas Figuras 2 e 3 imagens de um corpo de prova marcado em dois pontos com cor azul e a imagem segmentada pelo *software*, respectivamente.



**Figura 2** Corpo de prova marcado com tinta.



**Figura 3** Imagem processada e segmentada do corpo de prova

No decorrer da busca pela melhor maneira de adaptar a máquina ZD 20 para seu funcionamento com o melhor desempenho possível foi visto que havia dois fatores que mereciam bastante atenção. O primeiro é o posicionamento da câmera para captação do alongamento do CP. O segundo é o acompanhamento em tempo real dos valores de alongamento e tensão. No primeiro momento, após testes que observaram a influência da magnitude de vibração da máquina e a distância entre o CP e a câmera, foi possível encontrar uma solução para que isso não interferisse na qualidade de captação do vídeo extensômetro, foi projetado um suporte fixado no chão através de chapas de metal e um sistema redutor de vibração feito de polímeros elastômeros a uma distância de trinta centímetros do corpo de prova e altura suficientemente necessária para a realização do ensaio. O suporte feito de aço carbono é formado por uma base feita de barra rígida que suporta em sua estrutura um tubo soldado o qual recebe outro tubo que permite regular a altura do suporte com um efeito telescópico. Em relação ao segundo fator o código foi revisado e modificado para melhor desenvoltura.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Inicialmente foram feitos testes para o uso de câmeras digitais comuns. Mesmo não sendo o equipamento mais eficaz e prático devido ao uso de placa de captura, as câmeras digitais como CANON Power Shot A470 mostraram-se capazes de realizar o feito. Além das digitais as Webcams também foram bem aceitas devido a facilidade de captura de imagem por porta USB, o Plug and Play. Devido à qualidade retornada optou-se pelo uso de uma câmera Sony IPELA SNC-CS10 com maior qualidade de resolução e flexibilidade para uso (SONY NETWORK CAMERA, 2006).

Em relação à proximidade da câmera ao corpo de prova foi necessário um cuidado extra. Quanto mais próximo dele, a área externa à região do ensaio será menor, diminuindo as chances de aparecer ruídos durante a segmentação, pois há possibilidades de na região periférica ao ensaio haver outros corpos com tons que tenham valores próximos ao da marcação do corpo de prova.

Foi desenvolvido um software para detecção de pontos previamente marcados para a captura do alongamento instantâneo do corpo de prova. Observou-se que as medidas realizadas por ele correspondiam ao valor real aproximado medido por instrumentos de medição como paquímetro, dados incluídos na Tabela 1. Durante o desenvolvimento do software foram feitos os testes de marcadores, citados anteriormente, no qual a tinta do tipo spray foi escolhida com maior eficácia, pois



praticamente não mudava de forma durante a realização do ensaio. Testes foram feitos para encontrar a maneira mais eficaz de fazer a marcação do corpo de prova. Para isso ele chegou a ser marcado fisicamente com riscos, algo que não foi interessante devido ao fato de riscos serem concentradores de tensão. Os concentradores de tensão levam ao rompimento do material antes de ele atingir sua real capacidade, logo isso não resulta em um ensaio confiável. Fita adesiva colorida perde aderência durante o ensaio tornando-o não confiável.

Tabela 1 – Diferença entre valores obtidos pelo vídeo extensômetro e o paquímetro em milímetros.

Distancia entre a câmera e o CP	V.E-A	PAQ-A	V.E-D	PAQ-D
350 mm	78,62	79	94,97	95,51
350 mm	64,7	65,5	74,2	73,6
500 mm	105,4	104,1	120,4	119,6
500 mm	84,8	85,2	98,7	99,2

CP = corpo de prova; VE-A= distância medida pelo vídeo extensômetro antes do ensaio; VE-D= distância medida pelo vídeo extensômetro depois do ensaio; PAQ-A= distância medida pelo paquímetro antes do ensaio; PAQ-D= distância medida pelo paquímetro depois do ensaio;

#### 4. CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido mostra-se prático e coerente com os resultados. As medições mostradas como resultados obtiveram êxito e permitiram maior flexibilidade aos ensaios de tração visto que no decorrer do ensaio não é mais necessária a remoção do extensômetro, problema encontrado com a maioria dos extensômetros digitais de média extensão, principalmente quando há necessidade de realizar ensaios com materiais que possuem grande alongamento.

Além do realizado até aqui é possível ainda melhorias e adaptações no projeto, principalmente no intuito de segmentação das imagens para que ele se torne ainda mais prático em termos de gráfico para usuários comuns e reduza as possibilidades de aparição de ruídos.

#### AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por permitir o desenvolvimento desse estudo e aos colegas de laboratório que participaram ativamente no desenvolver desse projeto. Às instituições e organizações IFCE, CNPq e Pibic.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6152**: Ensaio de Tração à temperatura ambiente. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM - ISO 7500-1**: Ensaio de Tração à temperatura ambiente. Rio de Janeiro, 2004.

BEER, F.P. e JOHNSTON, JR., E.R. **Resistência dos Materiais**, 3.º Ed., Makron Books, 1995.

CALLISTER, W. D. **Ciência de Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. São Paulo: LTC, 2002. 589

GONZALES, Rafael C. **Digital Image Processing**. United States: Prentice Hall, 2002



GONZALES, Rafael C. **Digital Image Processing Using MATLAB**, 2nd edition. United States: Gatesmark Publishing, 2009.

HIBBELER, R.C. **Resistência dos Materiais**, 3.º Ed., Editora Livros Técnicos e Científicos, 2000.

MIZRAHI, V. V. **Treinamento em Linguagem C++ - Módulo I**. São Paulo: MakronBooks, 1994.

PORTNOI, M., 2011. Disponível em:

<<http://reocities.com/ResearchTriangle/4480/academic/academic-files/extensometria.html>>. Acesso em: 13 de maio de 2012.

REBOUÇAS, P. P. **Desenvolvimento de sistema de aquisição de dados para cálculos automáticos das propriedades mecânicas em um ensaio de tração** FORTALEZA: 2007

SNAITH, P. **C++ para leigos passo a passo**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 1999.

SOUZA, S. A. **Ensaio mecânicos de materiais metálicos. Fundamentos teóricos e práticos**. São Paulo: Edgard Blucher, 1982.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais: fundamentos e aplicações. 3**. Fortaleza: Érica, 2007.