

## **Inspeção Visual Automática De Presença De Esfera Em Cargas De Canetas Esferográficas**

Elias Azevedo De Aguiar<sup>1</sup>; Profa. Dra. Ocileide Custódio Da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escola de Exatas, Centro Universitário do Norte – UNINORTE, Brasil

<sup>2</sup>Faculdade de Tecnologia – FT, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Brasil

---

**RESUMO:** Este trabalho apresenta um método de visão de máquina para a detecção da presença de esfera em canetas esferográficas verificando a presença da esfera na ponta da caneta. O processo de inspeção é realizado por meio de um método de inspeção visual que utiliza limiarização (binarização) da imagem das pontas das cargas das canetas e a comparação com uma imagem padrão. A presença da esfera é obtida por meio da contagem do número de pixels da imagem binarizada. A metodologia adotada utiliza um sistema de visão de máquina para a extração de características de imagens, reconhecimento de padrões da esfera em cargas de canetas durante o processo de fabricação, garantindo a inspeção automática de todo o volume de produção. Os resultados obtidos demonstram a aplicabilidade e a eficiência da abordagem em linhas de produção de canetas esferográficas.

**Palavras-chave:** Inspeção Automática. Detecção de Esferas. Visão de Máquina.

---

### **I. INTRODUÇÃO**

Canetas esferográficas são um tipo de caneta cuja tinta umedece uma esfera rolante que desliza sobre a superfície do papel, distribuindo a tinta de forma constante e uniforme. O funcionamento das esferográficas baseia-se sempre no mesmo princípio: uma pequena esfera feita de metal (aço ou tungstênio) com 1 milímetro de diâmetro gira na ponta de um tubo contendo tinta. A esfera por sua vez, é presa em uma ponta metálica feita de latão. Ao deslizar pelo papel a esfera se move e suga a tinta do tubo que fica dentro do corpo da caneta. Para que a tinta não saia além ou aquém do necessário é preciso que a distância entre a esfera e a ponta metálica tenha a precisão de milésimos de milímetros.

A tinta da caneta precisa ser suficientemente viscosa para não escorrer do tubo à esfera. Atualmente, a viscosidade é obtida ou à base de óleo - em que a secagem se dá pela absorção no papel - ou de um solvente como o álcool - em que a secagem se dá por evaporação. Uma esferográfica comum costuma ter de 0.5 a 1.5 mililitro de tinta. Mas os reservatórios de tinta de 1.5 ml precisam de uma tampinha e um respiradouro além de uma pequena quantidade de um líquido ainda mais viscoso, pois, sem isso e com o tubo fechado a tinta não flui pela esfera por causa da pressão. Por esse motivo há um furinho nos corpos das esferográficas comuns. O diâmetro da esfera também varia: é isso que determina o tipo de escrita, mais grossa ou mais fina.

Durante o processo de montagem, a esfera metálica é inserida primeiramente em uma cavidade na ponta do cartucho de tinta. O cartucho é então colocado no injetor, que o enche com tinta. Para canetas retráteis, os trabalhadores incluem uma mola na frente do cartucho, permitindo o movimento da ponta. O cartucho completo é então inserido dentro do corpo da caneta. Em seguida, são colocadas as tampas da base e da ponta, completando a montagem. As canetas são limpas, embaladas e despachadas. Em algumas situações devido a não regulagem da máquina que injeta a esfera ou por imperícia do operador, as esferas não são inseridas nas pontas das cargas, ocasionando inconformidades no processo fabril. O presente trabalho aborda a identificação de presença de esfera na carga das canetas esferográficas por meio de um sistema de visão de máquina. O processo de identificação de presença da esfera ocorre por meio da limiarização da imagem (imagem binarizada) da ponta da carga da caneta e a contagem da quantidade de pixels pretos que pertencem eventualmente à esfera. A operacionalização desse processo é realizada por meio de um programa que faz a contagem dos pixels pretos com o objetivo de identificar se tem esfera na ponta das cargas. Uma contagem preliminar padrão é obtida a partir de uma imagem binarizada com a carga perfeita, com a presença de esfera e sem deformação aparente.

A Limiarização é um processo de segmentação de imagens que se baseia na diferença dos níveis de cinza que compõe diferentes objetos de uma imagem. A partir de um limiar estabelecido de acordo com as características dos objetos que se quer isolar, a imagem pode ser segmentada em dois grupos: o grupo de pixels com níveis de cinza abaixo do limiar e o grupo de pixels com níveis de cinza acima do limiar.

As informações provenientes das imagens são empregadas no controle de parâmetros como número de pixels da caneta com esferas, distância focal, através de um campo de visão, distância de trabalho e a profundidade do campo devido ao deslocamento que pode ocorrer da caneta sobre a máquina.

## II. METODOLOGIA

O método proposto neste trabalho é desenvolver um algoritmo para inspeção da presença da esfera, de tal forma que se alcance a mesma precisão de um sistema de inspeção visual (SIV) industrial. Esta inspeção é feita pelo SIV proposto, utilizando uma câmera com posição de até 200 (mm) de altura. O dispositivo de aquisição de imagens que foi utilizado, em estudo preliminar, é uma câmera fotográfica digital Olympus de 7Mp (Megapixel). Pois no caso da fotografia digital, existe internamente um dispositivo eletrônico, conhecido como CCD que converte as intensidades de luz que incidem sobre ele em valores digitais armazenáveis na forma de Bytes. As imagens que não necessitam de grandes detalhes podem ser captadas com baixas resoluções, porém imagens que requerem riqueza de detalhes como em inspeção de cargas de canetas devem ser obtidas com câmeras com resoluções maiores.

Com relação ao processo de aquisição da imagem das esferas nas cargas das canetas, ela é composta de uma caixa de madeira, uma base onde é colocada a carga da caneta, uma fonte de luz interna por baixo da base que sustenta a carga das canetas e uma abertura no topo onde é colocada a máquina fotográfica digital.

Para fazer esse método proposto funcionar foram feitos alguns passos, nos quais se inserem a captura da carga da caneta para obter um padrão de carga com e sem esfera. Em seguida feito a filtragem para se obter uma única matriz de cada imagem (imagem com níveis de cinza). Depois essas imagens sofrem a Limiarização (binarização imagem) para saber o número de pixels que existe na carga com e sem esfera. Ressalta-se que havendo presença de esfera haverá um número padrão de pixels identificado pela imagem binarizada e um número padrão de pixels na imagem sem esfera. Finalmente é feito a contagem dos pixels e identificado se tem ou não a esfera na ponta da carga. Se tiver o sistema indica presença de esfera e aprova a carga, caso contrário rejeita a carga por ausência de esfera indicando a reprovação. Essa metodologia está indicada através do fluxograma 1 abaixo. O primeiro passo é a identificação do *template*, pois problemas de alinhamento (translação e rotação) são comuns quando temos imagens de componentes pequenos, devido principalmente a mudanças súbitas que ocorrem no processo de captação de imagens das cargas. A identificação e localização de semelhanças entre uma imagem identificada e uma imagem de referência (padrão) é denominada de “*templatematching*”. Primeiramente, é capturada a imagem da ponta da carga de referência (*template*). Como neste processo há o processamento e a análise de duas imagens de cargas de canetas de uma mesma cena, e que resulta em encontrar semelhanças entre pontas de cargas que estão presentes nas imagens e capturada a imagem de outra carga que será usada para comparação com o *template*. Após a aquisição das imagens, é usado o Matlab como software para fazer o processamento das imagens. O primeiro processamento converte as imagens para o nível de cinza, uma vez que são imagens coloridas. Os comandos do Matlab usados são:

1. **imread**, que lê uma imagem de um arquivo gráfico;

2. **rgb2gray**, converte uma imagem RGB para uma imagem com o nível de cinza.

Uma variável “*template*” é usada para armazenar a imagem do *template* e uma variável “*target*” é usada para armazenar a imagem da carga de teste.

```
template=imread('template.jpg');
```

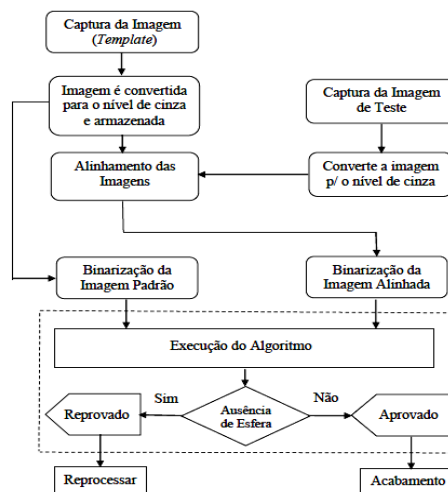
```
target=imread('target.jpg');
```

```
template=rgb2gray(template);
```

```
target=rgb2gray(target);
```

O Fluxograma 1 abaixo descreve o processo de limiarização e identificação de esfera em cargas de canetas

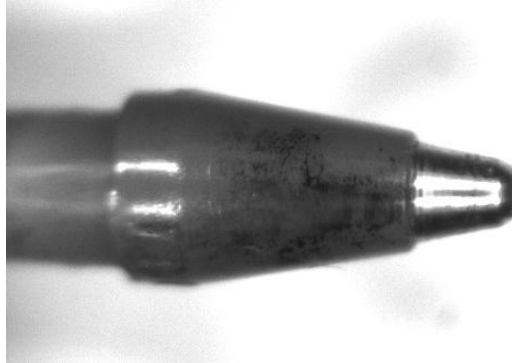
Fluxograma 1 – Metodologia utilizada para inspeção de carga de caneta



Fonte: Adaptado pelo Autor

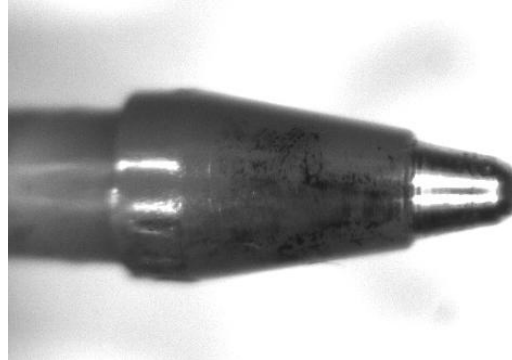
São coletadas amostras de cargas de canetas, com e sem esfera, para criação do *template* e imagem de teste utilizando as ferramentas do software MatLab como mostra as figuras 1 e 2 abaixo.

**Figura 1.** Imagem do *Template* no nível de cinza



Fonte: Autores, 2017

**Figura 2.** Imagem da carga de teste no nível de cinza



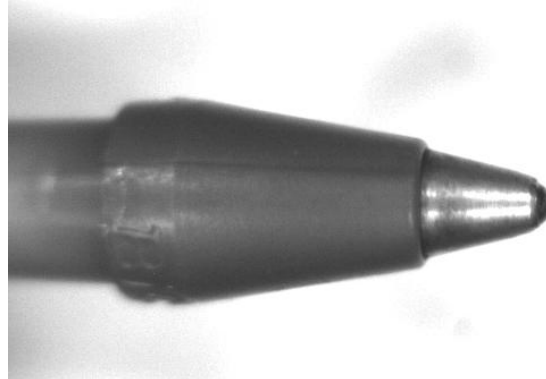
Fonte: Autores, 2017

A partir destes comandos a imagem padrão e a imagem a ser testada passam pelo processo de alinhamento rotacional e translacional das imagens. Entretanto, o processo de alinhamento não é automático. Apesar de o Matlab ter comandos que fazem o alinhamento, os pontos de controle são escolhidos manualmente. São utilizados os seguintes comandos para realizar o alinhamento das imagens:

- **cpselect**, ferramenta de seleção do ponto de controle;
- **cp2tform**, comando que infere a transformação geométrica dos pares dos pontos de controle;
- **imfinfo**, informações sobre o arquivo gráfico de referência;
- **imtransform**, comando que aplica uma transformação espacial 2-D à imagem.

Para que se tenha a forma da caneta quando há presença de esfera, coleta-se também uma carga de caneta com presença de esfera para fazer a digitalização e assim obter o número de pixels quando houver presença da esfera na carga das canetas, conforme mostra a figura 3 convertida para os níveis de cinza.

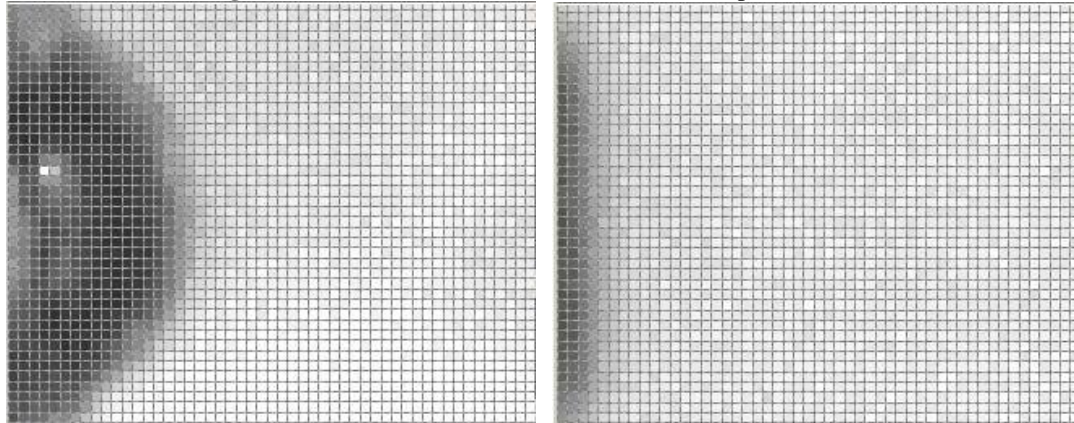
**Figura 3.** Imagem da carga com esfera no nível de cinza



Fonte: autor

Segundo Rafael e Richard (2000), uma maneira óbvia de extrair os objetos do fundo é através da seleção de um limiar  $T$  que separe os dois grupos. Então, cada ponto  $(x, y)$  tal que  $f(x, y) > T$  é denominado um ponto do objeto; caso contrário, o ponto é denominado um ponto do fundo. Depois de identificado as formas das canetas com e sem presença de esfera, processa-se digitalmente as imagens das canetas e coleta-se individualmente as formas de visualização da presença e ausência da esfera na caneta, conforme figuras 4 e 5 abaixo.

**Figura 4 e 5.** Caneta com Esfera e sem esfera, respectivamente



Fonte: Autores, 2017

Com as imagens já perfeitamente alinhadas o próximo passo é a binarização do *template* e da imagem da carga de teste. Com a binarização é possível saber quantos pixel existem na imagem com esfera e quantos poderão existir quando houver presença de esfera nas cargas das canetas. O limiar normalmente usado para esse trabalho, no comando do Matlab que binariza as imagens, foi de 0.6. Foram testados outros limiares, mas o limiar de 0.6 foi o que distinguiu melhor os componentes em relação aos outros limiares testados. Portanto, para binarizar as imagens, foi usado o seguinte comando do Matlab:

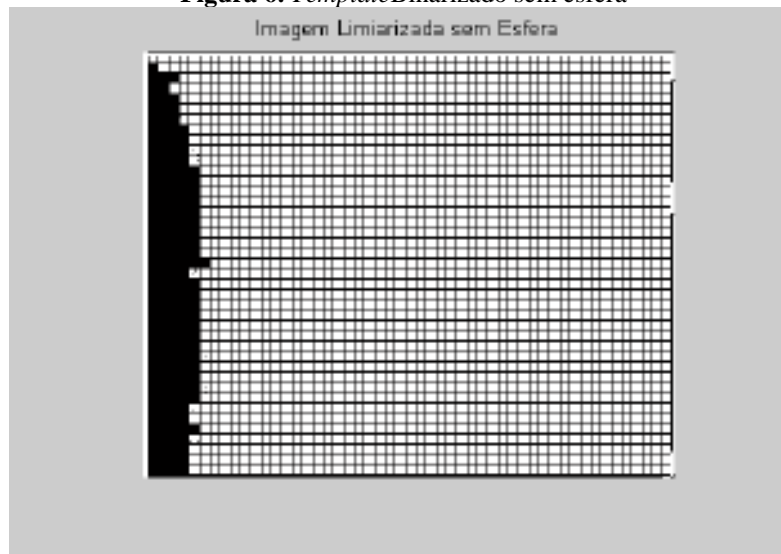
**im2bw**, comando para converter uma imagem no nível de cinza para uma imagem binarizada, usando limiarização.

Abaixo os comandos que convertem as imagens do *template* e do teste para imagens binarizadas:

```
tempBin = im2bw( template, 0.6 );
```

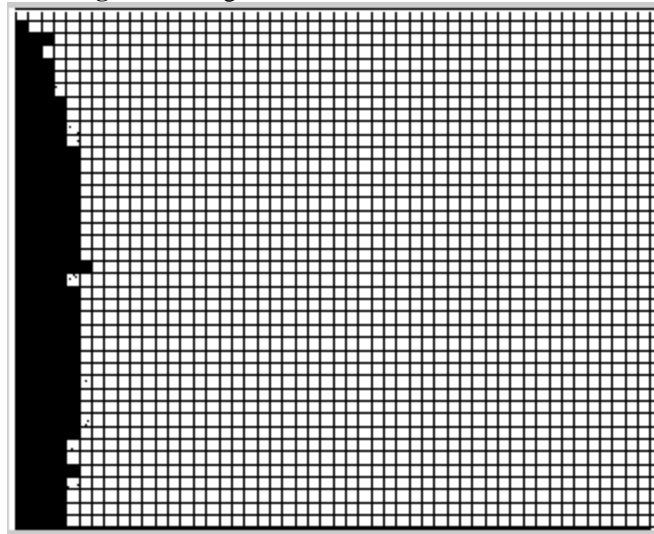
```
tempTar = im2bw( imt, 0.6 );
```

**Figura 6.** *Template* Binarizado sem esfera



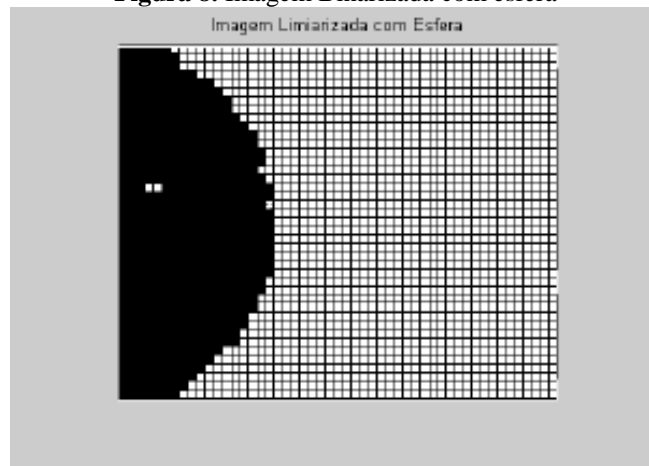
Fonte: Autores, 2017

**Figura 7.** Imagem de teste Binarizada sem esfera



Fonte: Autores, 2017

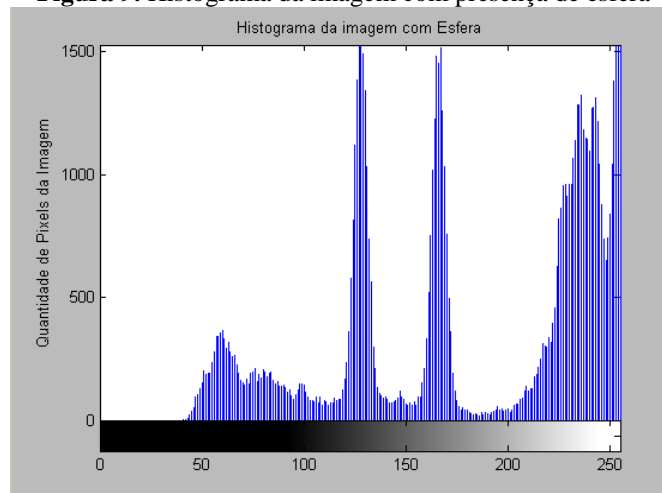
**Figura 8.** Imagem Binarizada com esfera



Fonte: Autores, 2017

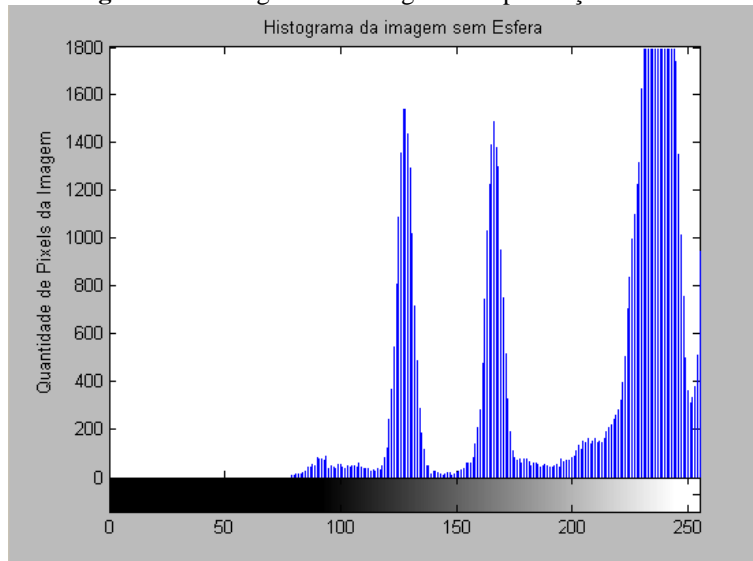
Com a transformação da imagem RGB para imagem com níveis de cinza foi possível também extrair o histograma das imagens com e sem esfera, conforme figuras 9 e 10 abaixo.

**Figura 9.** Histograma da imagem com presença de esfera



Fonte: Autores, 2017

Figura 10. Histograma da imagem sem presença de esfera



Fonte: Autores, 2017

### 2.1 – Desenvolvimento do algoritmo de inspeção de pixel

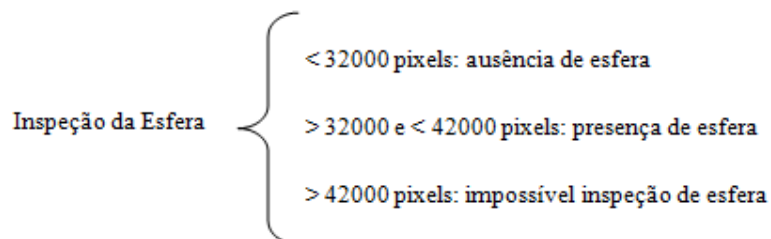
Para fazer a contagem dos pixels nas duas imagens e, desta forma, fazer com que o algoritmo identificasse quem tem ou não a esfera, foi extraído os valores da matriz de cada imagem e suas respectivas linhas e colunas para então saber o número de pixels brancos e pretos que cada uma imagem tem, conforme figura 11abaixo.

Figura 11. Número de colunas e linhas da Imagem

Image details (Image Tool 1 - bw)	
Attribute	Value
Width (columns)	325
Height (rows)	261
Class	logical
Image type	binary

Fonte: Autores, 2017

Através dos parâmetros de número de linhas e de colunas pôde-se encontrar o número de pixels brancos e pixels pretos da imagem com presença de esfera. Utilizando as ferramentas do MatLab, foi desenvolvido o algoritmo, através de um laço, no qual se especificou os limites que cada imagem tem, ou seja, os limites de pixels sem esfera e com esfera. Se o número de pixels preto for maior que 32000 e menor que 42000 é exibido a mensagem de que a caneta tem Esfera e por isso está conforme. Caso seja menor que 32000 é exibida a mensagem de que a carga da caneta está sem esfera e por isso não está conforme. Contudo, se o número de pixels for maior que 42000 pixels isso quer dizer que há ruídos na imagem e por isso não é possível fazer a inspeção naquela carga. O laço abaixo imprime o algoritmo de inspeção de esfera em cargas de canetas.



### III. RESULTADOS

O resultado da metodologia implementada neste trabalho tem o intuito de identificar as vantagens e as desvantagens do método aplicado, bem como analisar o seu desempenho. Para uma melhor visualização após a comparação entre a situação da carga da caneta de teste em relação ao *template*, o algoritmo identifica a quantidade de pixel na ponta da carga da caneta que contem esfera e a quantidade de pixel na ponta da carga da caneta sem esfera e determina um valor “status=0”, o componente que está presente, caso contrário “status=1”. Para cada limiar o algoritmo produziu resultados que identifica qual carga de canetas estavam com esferas ausentes na carga de teste.

Como resultado do método aplicada, foram feitos alguns testes em diferentes cargas de canetas. Algumas não foi possível obter resultados satisfatórios em cima daquilo que se desejava por causa do ruído (reflexo) que as imagens emitiam na ponta da carga das canetas. Entretanto, com mais testes foi possível chegar em resultados com os quais se trabalhou na metodologia proposta, pois para cada limiar o algoritmo produziu resultados que identificava quais cargas estavam com melhor leitura em suas pontas para detecção dos pixels com e sem esfera. Durante os testes ainda foram detectados problemas com a imagem binarizada somente da esfera pois com a limiarização ocorreram situações, com alguns modelos de cargas de canetas, as quais apareciam ruídos contrários as das imagens, chamados de ruídos *saltandpepper* que é quando constam pixels brancos no meio da imagem onde eram para constar apenas *pixels* pretos. Espera-se ainda coletar dados gráficos baseados nos limiares da imagem decorrentes da identificação da presença/ausência da esfera, através do algoritmo, para determinar a eficiência do método proposto identificando as vantagens e desvantagens.

### IV. CONCLUSÃO

Este trabalho descreveu uma abordagem para a inspeção visual de cargas de canetas, utilizando técnicas de processamento de imagens. Ao longo do desenvolvimento da pesquisa foram implementados, em Matlab, métodos de segmentação e análise de imagens. Esses métodos foram determinados de forma que atendessem as características do problema envolvido de maneira satisfatória. O sistema de inspeção visual proposto neste trabalho alcançou resultados preliminares satisfatórios, considerando as restrições impostas a ele: operar com imagens em níveis de cinza adquiridas com um sistema comercial comum. A principal dificuldade encontrada no desenvolvimento da pesquisa foi durante a coleta de dados, ao tentar extrair do problema informações que fossem capazes de ser quantificadas, para então avaliá-las com base em técnicas de processamento de imagem.

O método desenvolvido buscou aplicar uma metodologia, a qual não tem como objetivo substituir o serviço utilizado na fábrica, nas tarefas de inspeção visual de esferas em cargas de canetas. A principal função é possibilitar um novo método para auxiliar a produção de forma organizada. Este trabalho visou identificar, por meio do processamento e análise de imagens, os pixels existentes em imagens binarizadas, os quais obteve-se com satisfação nos resultados. As esferas nas cargas das canetas foram identificadas de forma precisa, promovendo assim uma inspeção sistêmica da qualidade do produto. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi modelar o processo de identificação de esfera em cargas de canetas por meio de um padrão de reconhecimento. Para isso, desenvolveu-se um algoritmo, na aplicação MatLab, para binarizar uma imagem em níveis de cinza para uma imagem preto e branco.

A validação da metodologia foi feita com sucesso para classificação de defeitos nas cargas das canetas, determinado pela ausência de esferas na ponta das cargas. Com isso, evidenciou-se o seu grande potencial para aplicação em um ambiente real. Como pode ser observado nos resultados obtidos, com os experimentos realizados, a implementação trouxe resultados satisfatórios. Está comprovado que o desempenho de inspetores humanos que atuam em processos de controle de qualidade é bastante deficiente, devido essa tarefa ser rotineira e, muitas vezes, de longa duração, ocasionando, assim, sérios problemas para a garantia da qualidade dos produtos inspecionados. Esse, sem dúvida, é um dos motivos que justificam plenamente o emprego de sistemas de inspeção visual automático que, certamente, desempenha seu papel com maior confiança, velocidade e de forma constante. Este trabalho tem como relevante contribuição, no âmbito tecnológico e no âmbito da sociedade, uma metodologia eficaz para um problema de inspeção visual de esferas em cargas de canetas. Está baseado em uma nova interpretação dos resultados obtidos através da aplicação de um método automático de limiar que utiliza a aplicação Matlab como ferramenta de binarização de imagem.

Contribuição também, no âmbito científico, na explanação do método de utilização da extração e análise de características de imagens em nível de cinza, ao apresentar os estudos e experiências de aplicação do comportamento inteligente no desenvolvimento de sistemas computacionais, utilizando a visão de máquina. Por fim, espera-se que essa pesquisa tenha contribuído, de maneira satisfatória, com uma metodologia de inspeção visual em cargas de canetas, visando detectar automaticamente a presença de esferas em cargas de canetas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. ADORNI, C. A. *Metodologia para Automação de Inspeção Visual de bolsas para coleta de sangue*. 2008. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- [2]. ARAÚJO, W. G. *Deteção automática de componentes de montagem em superfície em placas de circuito impresso*. 2007. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.
- [3]. BALLARD, D. H.; BROWN, C. M. *Computer Vision*. Prentice-Hall, New Jersey, 1982;
- [4]. BATCHELOR, B. G. "Automated Visual Inspection", IFS (Publications) Ltd., 1985.
- [5]. BATCHELOR, B. G.; WHELAN, P. F. *Intelligent Vision Systems for Industry*. UK: Springer, 2002.
- [6]. BATCHELOR, B. G.; HILL, D.; HODGSON, D. *Automated Visual Inspection*. IFS (Publications) Ltd, 1985;
- [7]. CARPINETTI, L. C. R. *Gestão de qualidade: conceitos e técnicas*. São Paulo: Atlas, 2010.
- [8]. CASTLEMAN, K. R. *Digital Image Processing*. New Jersey, Prentice-Hall, 1996;
- [9]. CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. *Metodologia Científica*. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- [10]. CHAPMAN, S. J. *Programação em Matlab Para Engenheiros - 2ª Ed.* 2011 - Cengage Learning
- [11]. CHE-SEUNG, C.; BYEONG-MOOK, C., Member, IEEE, and Moo-Jin Park, "Development of Real-Time Vision-Based Fabric Inspection System", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 52, NO. 4, AUGUST 2005.
- [12]. DA FONTOURA, C. L.; MERIAUDEAU, F. *Special Issue on Applied Visual Inspection*, julho, 2002.
- [13]. DU, W. Y.; DICKERSON, S. L. *Passive Component Inspection Using Machine Vision*, 1998.
- [14]. DU-MING, T.; RON-HWA, Y. "An eigenvalue-based similarity measure and its application in defect detection", Department of Industrial Engineering and Management, Yuan-Ze University, 135 Yuan-Tung Road, Nei-Li, Tao-Yuan, Taiwan, ROC Received 29 January 2004; received in revised form 22 July 2005; accepted 26 July 2005.
- [15]. EKSTROM, M. P. *Digital Image Processing Techniques*. Academic Press, Inc, 1984;
- [16]. GIL, A. C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. São Paulo, 2002, Editora Atlas. 4ª Edição
- [17]. GOMES, J.; VELHO, L. *Computação Gráfica: Imagem*. Rio de Janeiro, IMPA/SBM, 1994, 424p;
- [18]. GONZALEZ, R. C.; WOOD, R. *Processamento Digital de Imagens*, São Paulo: Edgar Blucher. (2000)
- [19]. GONZALES, R. C.; WINTZ, P. *Digital Image Processing*. 2. Ed., Addison- Wesley Publishing Company, 1987;
- [20]. GONZALEZ, R. C.; EDDINS, S. L. *Digital Image Processing Using Matlab*. First. USA: Pearson Prentice Hall, 2004.
- [21]. HUI-FUANG, N. *Automatic Thresholding for Defect Detection*. IEEE. Dept. of Comput. Sci. & Inf. Eng., Leader Univ., Taiwan. ISBN 0-7695-2244-0, pg 532-535, dec. 2004.
- [22]. INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, *Qualidade e Tecnologia et al. Programa de análise de produtos: relatório sobre análise em canetas esferográficas*. Portaria Inmetro 481, dez. 2010. Rio de Janeiro: Inmetro, 2010.
- [23]. IYSHWERYA, K. *DefectDetectionAlgorithm for High SpeedInspection in Machine Vision*. IEEE. ECE, Rajalakshmi Eng. Coll., Chennai, India. ISBN 978-1-4673-6240-5, pg 103-107, mar. 2013.
- [24]. JAIN, R.; KASTURI, R.; SCHUNCK, B. G. *Machine Vision*. McGraw-Hill, 1995;
- [25]. JUNG, C. F. *Elaboração de projetos de pesquisa aplicados a engenharia de produção*. Taquara: FACCAT, 2010. Disponível em: <http://www.metodologia.net.br>
- [26]. KUK WON, K.; YOUNG JUN, R.; HYUNG SUCK, C.; HYUNG CHEOL, K. "A Neural Network Approach to the Inspection of Ball Grid Array Solder Joints on Printed Circuit Boards", 0-7695-061 9-4/00 \$10.00 0 2000 IEEE.
- [27]. LOPES, L. M.; CONSULARO, L. A.; A RBFN Perceptive Model for Image Thresholding, Proc. of SIBGRAPI, pp 225-232, 2005.
- [28]. LOTUFO, R. A. *Visão Computacional com Aplicações Industriais*. / Seminário apresentado no IPT em maio 1996
- [29]. MARQUES, F. O.; VIEIRA, N. H. (1999) *Processamento Digital de Imagens*, Rio de Janeiro: Brasport.
- [30]. MASCARENHAS, N. D. A.; VELASCO, F. R. D. *Processamento Digital de Imagens*. Buenos Aires, 2. Ed., Editorial Kapelusz S.A, 1989;
- [31]. MARTINEZ, V. V.; ODAKURA, V. A.; CAMPOS, G. L. *Uma Técnica para Alinhamento de Imagens de Documentos Antigos*, 2006.
- [32]. MEHMET, S.; BULENT, S. *Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation*. SPIE – J. Electronic. Imaging. Information Technologies Research Institute Gebze, Kocaeli, Turkey. v. 13, n. 1, pg 146-168, jan. 2004.
- [33]. MONTELLESE, S. *Inspection: New tools offer new solutions for today's applications*. Photonics Spectra, p. 107 - 112, Septêmbre 1995;
- [34]. PARKER, J. R. *Gray Level Thresholding in Badly Illuminated Images*. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, V. 13, N. 8, August 1991;
- [35]. PETRAKIS, E. G. M.; MALAMAS, E. N.; ZERVAKIS, M. *A survey on industrial vision systems, applications and tools*. ScienceDirect. Technical University of Crete, Chania, Crete Greece. v.21, n. 2, pg. 171-188, oct/dec.2002.
- [36]. SUPERINTERESSANTE, Revista Superinteressante et al. *Grandes Idéias: A Caneta Esferográfica*. Edição 8, Rio de Janeiro: mai. 1988.
- [37]. TIMOTHY, S. N.; ANIL, K. J. "A Survey of Automated Visual Inspection", COMPUTER VISION AND IMAGE UNDERSTANDING Vol. 61, No.2, March, pp. 231-262, 1995.
- [38]. VERNON, D. *Machine Vision: Automated visual inspection and robot vision*. Great Britain: Prentice Hall, 1991.
- [39]. VESANTO, J. et al. *SOM Toolbox for Matlab 5*. Helsinki, Finland, 2000.
- [40]. WERKEMA, M. C. C.; AGUIAR, S. (1996). *Planejamento e análise de experimentos: como identificar as principais variáveis influentes em um processo*. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni. v.8.
- [41]. WINNCY Y. D.; STEPHEN L. D. "Passive Component Inspection Using Machine Vision", 1998 International Conference on Multichip Modules and High Density Packaging.