

Visão computacional aplicada à verificação do nível de líquido para utilização em automação industrial

Ricardo Dias

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rua Pedro Vicente, 625, 01109-010, São Paulo, SP, ricardodias0702@uol.com.br

Wendell de Queiróz Lamas

Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, Rua Daniel Danelli, s/n, 12060-440, Taubaté, SP, Tel./Fax.: 55 12 3622 4005, wendell@unitau.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo a implantação de um sistema de visão para adquirir uma imagem e processá-la digitalmente. O sistema trabalha dados para posterior verificação do nível de líquido para utilização em automação industrial. Foi desenvolvido um programa em Delphi que controla o movimento do motor de passo que aciona uma esteira e controla a câmera que adquire a imagem a ser verificada. A imagem do frasco é adquirida por uma câmera Creative webcam NX. Aplicamos a técnica de histogramas para avaliar os níveis de cinza da imagem, o seu brilho e o contraste. Usamos também um algoritmo para a binarização, isto é, converter a imagem em níveis de cinza para imagem monocromática. Para a verificação do nível de líquido no frasco é necessária a calibração do frasco em relação a sua posição na cena. Esta calibração é feita com a imagem do frasco proposto. Esta imagem é adquirida pela câmera, retirada do projeto e representa a quantidade ideal de líquido no frasco. Após a calibração, sempre que um frasco passar na frente da webcam, esta o reconhece e verifica a quantidade de líquido contido. O sistema proposto, através do programa em Delphi, decide a respeito do nível de líquido no frasco e executa a ação de liberá-lo quando o mesmo se encontra com o líquido entre 80% e 100% do frasco calibrado anteriormente, ou executa a ação de devolver quando o frasco contém líquido abaixo de 80% do frasco calibrado anteriormente.

Palavras-chave: Inspeção visual. Reconhecimento de padrões por imagens. Visão computacional artificial.

1. INTRODUÇÃO

A análise e o processamento digital de imagens vêm sendo empregado em diversas áreas do conhecimento humano. Na área médica, por exemplo, as imagens são utilizadas para diagnosticar patologias. No domínio geoespacial, elas são utilizadas para visualizar o estado climático de uma região ou até mesmo para registrar o relevo de outros planetas. No campo comercial, as imagens estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas por meio das câmeras digitais e dos digitalizadores (scanners), cada vez mais portáteis. No meio industrial, as imagens têm sido associadas principalmente à inspeção visual no controle da qualidade dos sistemas produtivos (PINTO, 2008).

Por exemplo, uma régua digitalizadora que busca imperfeições em uma tira de papel que está prestes a ser bobinada no estágio final de uma máquina produtora de papel, onde os pontos críticos são mapeados por meio de um sistema de coordenadas cartesianas, cuja origem é a própria origem da tira de papel (LAMAS, 2004).

Outro exemplo bastante presente no cotidiano das pessoas é a identificação de placas de veículos automotores, que é realizada em estacionamentos, praças de pedágios e por alguns

tipos de radares fixos e móveis, onde a imagem adquirida é comparada em frações de milissegundo com os registros armazenados em um banco de dados e imagens de referência (ALMEIDA, 1998) (OLIVEIRA; FONSECA, 2005).

Mais uma aplicação que vem do chão-de-fábrica: a utilização de câmeras no controle da eficiência na embalagem de medicamentos, identificando, por exemplo, o posicionamento de cápsulas em uma cartela pela disposição de cores, segundo um padrão pré-estabelecido (OLIVEIRA et al., 2004) (NATIONAL INSTRUMENTS, 2009). Essa técnica de identificação também pode ser utilizada em montadoras de circuitos eletro-eletrônicos (montagem e soldagem de placas de circuito impresso) e no envasamento de recipientes com líquidos (garrafas, garrafões etc.), foco principal deste trabalho.

Nos diversos cenários que são possíveis de se configurar para aplicação de inspeção visual há, também, a possibilidade de estar substituindo a presença de seres humanos que ficam posicionados ou à frente de monitores ou dos processos propriamente ditos, às vezes em posições não muito confortáveis (FACCHINI et al., 1997).

As imagens digitais normalmente são dependentes de um programa aplicativo (*software*) que gerencie todo o seu processamento e análise. Os aplicativos existentes para computação científica envolvendo imagens geralmente são concebidos para funcionarem sob uma única plataforma de sistema operacional, além de não serem de domínio público, ou seja, são proprietários. Para esta dissertação foi desenvolvido um programa em Delphi® para realizar o processamento e análise de imagens que têm características funcionais, cuja implementação é baseada em padrões do projeto.

Este trabalho tem como objetivo o processamento de imagem para aplicação em automação industrial. Espera-se como resultado poder acrescentar uma maneira de controlar a quantidade de líquido em um frasco, por meio da imagem processada por um programa desenvolvido em Delphi®.

2. OBJETIVOS E METODOLOGIA

Este trabalho tem por objetivo a automatização de um processo de envasamento de líquidos, sendo utilizado o processamento digital de imagens, por meio do ambiente computacional desenvolvido em Delphi®, como suporte ao controle de qualidade do processo, indicando as garrafas que tenham volume inferior a 80% do máximo estabelecido, para que sejam retiradas do lote.

Para realizar este trabalho, foram adotados como metodologia os seguintes procedimentos: Identificação dos componentes do sistema; Levantamento das perdas no processo sem o sistema proposto (quantidade de garrafas por lote e o prejuízo financeiro); Relação de equipamentos a serem adquiridos para realizar o projeto (caso não sejam adquiridos novos equipamentos, destacar quais os equipamentos atuais que serão utilizados); Relacionar o investimento necessário para a automatização do sistema, incluindo o treinamento; Elaborar o algoritmo (fluxograma) do processo (por exemplo: garrafa segue pela esteira1; no ponto 1, a imagem é aquisitada; imagem comparada ao padrão; se o volume está entre 80 e 100%, continua na esteira; se volume menor que 80%, garrafa sai do lote); A partir do fluxograma elaborado, desenvolver a programação em Delphi®; Realizar testes com o protótipo; Validar o sistema; Levantamento das perdas no processo com o sistema proposto (quantidade de garrafas por lote e o prejuízo financeiro); Estabelecer o tempo de retorno do investimento e comprovar a viabilidade econômica do projeto.

3. O PROCESSO DE ENVASAMENTO

Um típico sistema de envasamento de líquidos funciona a partir de um fluxo contínuo de entrada de frascos e líquidos e de saída final de recipientes envasados. O líquido entra por bocais apropriados passando por um sistema de filtragem antes de chegar à máquina envasadora, enquanto os frascos são conduzidos desde o início até o final do processo por esteiras movimentadas (ROSS; MEGIOLARO, 2008). A Figura 1 ilustra o diagrama típico de envasamento de líquidos, no caso de óleo comestível.

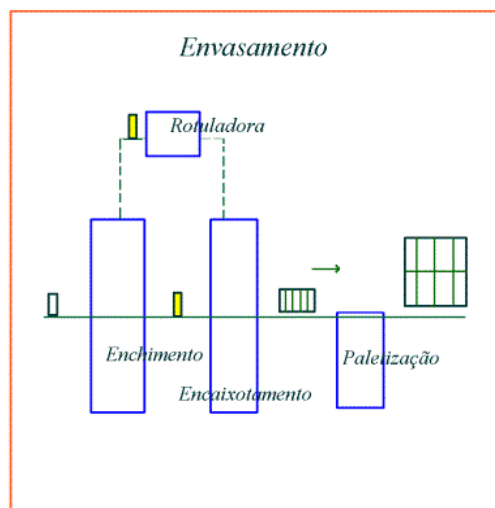


Figura 1. Diagrama típico de um processo de envasamento de óleo comestível.

Após o líquido estar acondicionado no frasco, na seqüência do processo, esse recebe o fechamento superior por rolha, tampa ou similar, recebendo o encapsulamento superior e a rotulação apropriada. Após o processo estar concluído, os frascos cheios são retirados na extremidade oposta à sua entrada e levados ao seu destino final (ROSS; MEGIOLARO, 2008). A Figura 2 ilustra uma típica máquina de envasamento de refrigerante.



Figura 2. Máquina de envasamento de refrigerante (cortesia: IRL).

Para a tarefa de rotular é concebido um dispositivo rotativo para a rotulagem cilíndrica, acoplado em máquinas rotuladoras, que compreende um posicionador circular rotativo e um massageador circular rotativo, acoplados nas laterais da máquina rotuladora, movimentados por motores, respectivamente, que são ligados a um painel de controle, onde recebem de maneira contínua os frascos que percorrem a esteira transportadora guiados pelos protetores laterais para serem rotulados (ROSS; MEGIOLARO, 2008).

4. O PROBLEMA

Garrafas com líquido fora dos padrões passam pelo controle visual do funcionário. A visualização das garrafas pelo funcionário é trabalhosa, requer uma acuidade visual que propicia uma fadiga mental.

A velocidade de reação do funcionário e a precisão de sua visualização também são variáveis, tendendo a diminuir em função do tempo, por conta de seu desgaste físico.

Em lotes de 236.926 garrafas tem-se como prejuízo 0,25 % das embalagens envasadas, sendo garrafas mal cheias, sem tampa ou vazias (BRANDSTETTER; BUCAR, 2008).

Isso acarreta em perdas financeiras por conta do tempo necessário para sua identificação, seu retrabalho e, eventualmente, retorno de garrafas que foram com falhas para os clientes, onde o prejuízo não é só financeiro, mas institucional, também.

Somem-se a isso os prejuízos com a saúde dos trabalhadores que têm à prova a sua acuidade visual e sua postura desconfortável durante as inspeções que realizam. Tais prejuízos também acarretam perdas com indenizações e funcionários afastados por lesões ou desgastes provocados pela situação.

5. SOLUÇÃO PROPOSTA

É proposto um sistema de visão computacional que não depende da intensidade visual do ser humano. Foi criado um sistema para levantar dados, analisar e processar a imagem no formato digital. Esse sistema é formado por um conjunto de componentes físicos, como: esteira, motor de passo, câmera e computador; os quais se constituem para transferir, armazenar e processar dados.

Um programa especializado controla a aquisição de imagens, faz a calibração da imagem adquirida pela câmera e controla o motor de passo que movimenta a esteira, fazendo com que o sistema seja automatizado na leitura da quantidade de líquido no frasco.

Quando se deseja construir um sistema automatizado para inspeção visual em uma linha de produção ou em um sistema industrial já montado tem-se:

- uma iluminação ou conjunto óptico para a captura da imagem;
- uma câmera, que através desse conjunto óptico, vai fazer a leitura da imagem e transformá-la em sinal elétrico;
- uma placa de captura de imagens: não é uma placa convencional de aquisição de dados, sim uma placa própria para aquisição de imagens;
- um programa aplicativo que vai efetivamente utilizar a imagem captura ao compará-la com as informações contidas em seu banco de dados e imagens, para então tomar as devidas decisões.

A Figura 3 ilustra a arquitetura descrita para um sistema típico de visão de máquina.

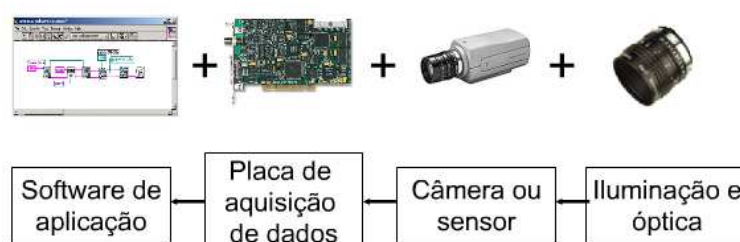


Figura 3. Sistema típico de visão de máquina (cortesia: National Instruments do Brazil)

Para realizar a programação do aplicativo para o sistema proposto foi utilizado o ambiente de programação Borland Delphi®, versão 2005.

A escolha recaiu sobre esse ambiente haja vista a possibilidade de uma pessoa com pouca experiência em programação realizar um aplicativo, face à sua capacidade de modularização, o que possibilita sua programação a partir da definição das telas que se pretende para a interface gráfica do usuário – GUI (*Graphical User Interface*).

A Figura 4 ilustra o fluxograma equivalente à seqüência de procedimentos realizado pelo aplicativo para cada imagem aquisitada. Essa seqüência é válida para o protótipo montado para validação do sistema.

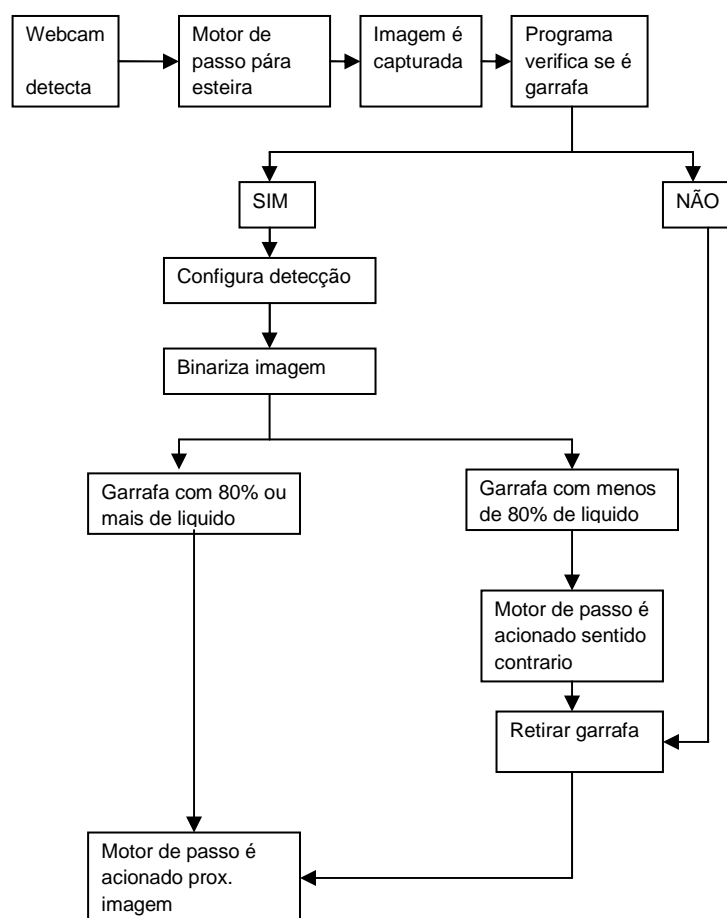


Figura 4. Fluxograma do sistema de inspeção automática de conteúdo.

Baseando-se na arquitetura adotada (Figura 3), com vistas à implantação do sistema proposto, se faz necessário adquirir os seguintes equipamentos, cujo investimento necessário está igualmente relacionado:

- Sistema de iluminação R\$ 300,00
- Webcam Creative NX R\$ 250,00
- Placa de aquisição de imagens R\$ 500,00
- Disco rígido com capacidade de 2 Tbytes R\$ 1.000,00
- Motor de passo, híbrido de 1.80 R\$ 1.332,00

- Programa em Delphi® R\$ 1.000,00
- **Total do investimento:** R\$ 4.382,00

A esteira industrial usada atualmente não precisará ser alterada.

6. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROTÓTIPO

Para implantar o sistema de visão proposto para a verificação do nível de líquido, foram utilizados um frasco com 11 cm de altura por 3,5 cm de diâmetro no bojo e 1,5 cm no gargalo e uma esteira rolante de 100 cm de comprimento por 15 cm de largura. Essa esteira rolante tem aplicação didática e é acionada por um motor de passo (ângulo de passo 1,8°; tensão nominal de 12 volts; corrente 0,6A/fase; torque de 5 kgfcm; enrolamento unipolar) acoplado a um de seus rolamentos. Um programa computacional desenvolvido em Delphi aciona o motor de passo e coordena a captura de imagem pela webcam e sua comparação aos registros em seu banco de dados e imagens.

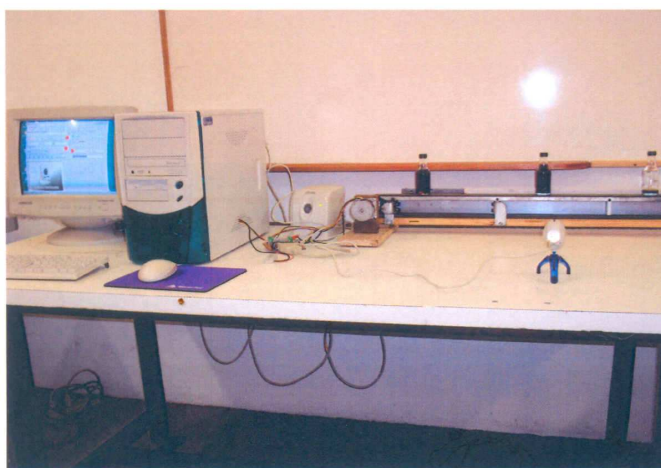


Figura 5. Vista frontal do sistema.

Na Figura 5 pode-se observar como o sistema de visão está montado, com a esteira, o motor de passo, a webcam e o microcomputador. Nota-se ao fundo a esteira com garrafas cheias e vazias e à sua frente a webcam para a captura da imagem. Para transmitir o movimento do motor de passo para a esteira foi utilizada uma bucha de alumínio feita na universidade. Ao lado do motor de passo tem-se a placa digitalizadora ligada ao microcomputador, onde o aplicativo está instalado.

7. RESULTADOS OBTIDOS

O sistema proposto envolveu alguns testes primários nos seus componentes com o intuito de familiarização com seu funcionamento e com suas melhores configurações.

O motor de passo foi colocado em funcionamento para que fosse possível avaliar o movimento da esteira didática. Esse funcionamento inicial também foi feito por meio do programa em Delphi. Foi avaliada a velocidade que seria mais conveniente para o sistema, ou seja, uma velocidade que não fosse rápida demais e impossibilitasse a webcam de captar a imagem ou uma velocidade baixa demais que não fosse interessante para o trabalho.

Foi feito teste de velocidade da esteira, primeiramente com 10 m/s, a imagem ficou nítida e possibilitou a perfeita identificação dos objetos. Após, foi testada a velocidade de 20m/s, a qual indicou um movimento da esteira muito rápido, que prejudicou o

reconhecimento do objeto pela webcam. Nesses primeiros testes já ficou claro que o sistema é viável e que só depende ajustes de acordo com o processo ao qual for aplicado.

Foi feito um primeiro teste com as garrafas cheias na esteira, como estava com muito brilho no local, ou seja, posicionamento errado da mesa sobre a qual a esteira estava repousada, a webcam não conseguiu captar a imagem.

O posicionamento da esteira foi melhorado e a imagem foi capturada, ou seja, a webcam detectou que havia um objeto na esteira, interrompeu o movimento da esteira parando o motor de passo. O programa detectou que é uma garrafa e, sendo assim, essa garrafa foi utilizada para calibrar o sistema, pois estava com a quantidade de líquido adotada como ideal.

O próximo teste a se fazer foi observar se o sistema reagiria com garrafas fora do padrão. O sistema reagiu como esperado, onde uma garrafa com líquido abaixo dos 80% da garrafa calibrada foi detectada pelo programa e esse fez com que a esteira tivesse o seu curso invertido, para que a mesma fosse retirada da esteira, voltando ao curso normal após 10 segundos. Esse tempo de 10 segundos para a retirada da garrafa pode ser modificado conforme se deseje.

Sendo assim foi feito o teste final com garrafas cheias, garrafas com líquido abaixo dos 80% e garrafas sem líquido algum. Os resultados foram excelentes, pois todas as garrafas foram reconhecidas pelo programa, não acontecendo nenhuma falha de reconhecimento.

Vale salientar que a seqüência de procedimentos descrita foi adotada com fins didáticos, com o claro intuito de validar o sistema. Para aplicação em um processo real, o programa deve ser adaptado à seqüência adotada para maior produtividade desse processo.

8. CONCLUSÕES

Os testes realizados possibilitaram observar que:

- Quando a quantidade de líquido se encontra no intervalo de 80 a 100% do valor colocado como ideal, o frasco continua na esteira e é aceito;
- Quando a quantidade de líquido se encontra abaixo do intervalo de 80% do valor determinado como ideal, o motor de passo inverte seu sentido de giro, a esteira inverte o seu sentido por um tempo, por exemplo, 10 segundos, pode ser alterado conforme a necessidade e o frasco pode ser retirado da esteira;
- A esteira volta a ter o seu movimento contínuo para adquirir a imagem do próximo frasco e assim sucessivamente;
- Um relatório dos frascos que foram analisados pode ser gerado, para uma melhor análise da quantidade e dos defeitos que foram levantados.

Dessa forma, nota-se que a arquitetura proposta representa uma solução viável técnica e economicamente para pequenas e médias automações, haja vista que as necessidades de ambiente e equipamento são restritas a uma configuração básica que não está relacionada a nenhum modelo específico, havendo a flexibilidade dada pelo próprio programa, por meio de pequenas modificações em seu código fonte, para adaptar-se a diversas situações, inclusive àquelas que exijam componentes mais robustos, especialmente a automações de processos mais complexos e com necessidade de cuidados especiais quanto ao ambiente onde se encontram.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. B. Usando o computador para processamento de imagens médicas. **Revista Informática Médica**, Campinas, v. 1, n. 6, p. 15, nov./dez. 1998. Disponível em: <<http://www.informaticamedica.org.br/informaticamedica/n0106/imagens.htm>> Acesso em: 23 agosto 2005.

BRANDSTETTER, M. C. G. O.; BUCAR R. S. Proposta metodológica para identificação de falhas em processos produtivos mediante o uso de ferramentas de controle de qualidade e pesquisa operacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., Rio de Janeiro, 2008. **Anais...** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. p. 1-14.

FACCHINI, L. A.; DALL'AGNOL, M. M.; FASSA, A. G.; LIMA, R. C. Ícones para mapas de riscos: uma proposta construída com os trabalhadores. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 497-502, jul.-set. 1997.

LAMAS, W. Q. **Análise e otimização do sistema de controle realimentado de uma unidade de revestimento de papéis especiais**. 2004. 117 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2004.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Case studies**. 2009. Disponível em: <<http://sine.ni.com/cs/app/main>>. Acesso em: 26 julho 2009.

OLIVEIRA, E. C.; FONSECA, G. R. **Estudo de aplicações técnicas de inteligência artificial para controle de semáforo de trânsito**. 2005. 41f.. Monografia (Bacharelado em Computação) – Departamento de Informática, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2005.

OLIVEIRA, S. A. C. A.; SÁ, C. C.; SANTOS, M. T. Implementação de um sistema de visão artificial para reconhecimento e classificação de imagens bidimensionais visando o controle de qualidade. **Revista do Instituto Superior Tupy**, Joinville, v. 5, n. 4, p. 19-25, out. 2004.

ROSS, L. A.; MEGIOLARO, M. **Equipamento móvel para envasamento de líquidos**. B67C 3/02. BR/RS. PI 0401073-6. 6 fev. 2004, 13 jul. 2004. Patentes Online, 2008. Disponível em: <<http://www.patentesonline.com.br/equipamento-movel-para-ensvasamento-de-liquidos-4926.html>>. Acesso em: 4 agosto 2009.

Computational Vision Applied to Liquid Level Measurement for Use in Industrial Automation

ABSTRACT

This work has as objective the implantation of a vision system to acquire an image and to process it digitally. The system works data for posterior verification of the liquid level in a bottle. A program was developed in Delphi, it controls the movement of the engine of step that sets in motion a mat and controls the camera that acquire the image to be verified. The image of the bottle is acquired by a camera Creative webcam NX. We apply the technique of histograms to evaluate the ash levels in the image, its brightness and the contrast. We also use an algorithm for the binarization (threshold), what means, to convert the image into ash levels for monochromatic image. For the verification of the liquid level in the bottle, it is necessary the calibration of the bottle relative its position in the scene. This calibration is made with the image of the considered bottle, as image of figure below. This image was acquired by the camera Creative webcam NX, removed of the project and represents the ideal quantity of liquid in the bottle. After the calibration, whenever a bottle passes by the front of the webcam, this recognizes it and verifies the amount of liquid contained. The considered system, through the program in Delphi, decides regarding the level of liquid in the bottle and executes the action of liberating the bottle when the same presents from 80 to 100 of the liquid from de calibrated bottle, or executes the action to return when the bottle contains an amount of liquid power than 80% of the previously calibrated bottle.

Keywords: Visual inspection. Image pattern recognition. Artificial computer vision.