

# Desenvolvimento de um sistema automatizado de inspeção de louça cerâmica com recurso a visão artificial

João Mendes<sup>1,2</sup>, André Santos<sup>1,2</sup>, Rogério Torres<sup>1,2</sup>, Sandra Carvalho<sup>2</sup>, António Baio Dias<sup>2</sup>, Victor Francisco<sup>2</sup>, N.M. Fonseca Ferreira<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Coimbra Polytechnic - ISEC, Coimbra, Portugal; <sup>2</sup> CTCV DG / I&D - Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, Coimbra, Portugal; <sup>3</sup> GECAD - Knowledge Research Group on Intelligent Engineering and Computing for Advanced Innovation and Development of the Engineering Institute of Porto (ISEP), Polytechnic Institute of Porto (IPP), Porto, Portugal

## 1. Introdução

A indústria da Cerâmica em Portugal apresenta um número de empresas bastante significativo, sendo o maior exportador europeu de louça cerâmica de uso doméstico. Não obstante, este tipo de indústria emprega um elevado número de pessoas. Tendo em conta as dimensões mencionadas, torna-se imperativo rentabilizar e melhorar vários processos, de modo a garantir soluções cada vez mais otimizadas e eficientes. Grande parte da investigação e desenvolvimento nesta área de conhecimento têm sido realizada no Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV).

O CTCV foi fundado em 1987, é composto por uma equipa pluridisciplinar, com grande experiência acumulada ao longos dos anos, e com excelente formação especializada. Oferece um conjunto de soluções integradas que passam pela consultoria especializada, auditoria, formação profissional, medição, ensaio e soluções na área da Cerâmica. Exerceu a sua atividade em mais de 30 projetos de I&D nos últimos 10 anos, envolvendo cerca 100 parceiros nacionais e internacionais.

Recentemente, nos novos edifícios situados no *iParque*, deu origem a novos projetos de investigação, sendo um deles na Área da Robótica e Automação. Através do desenvolvimento nesta área surgiu a oportunidade de criar uma parceria com o Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC), permitindo o apoio de aquisição de conhecimentos essenciais nesta área tecnológica, e na promoção futura de projetos de I&D.

## 2. Sistema de Inspeção

Na indústria de louça cerâmica, apesar dos muitos avanços tecnológicos, o processo de controlo de qualidade, na sua grande maioria, é ainda realizado através de inspeção visual humana. Para este tipo de

controlo recorre-se a operadores com elevado grau de experiência na deteção de defeitos, tal é a sua especificidade e variedade. A introdução da automação (automatização e informatização) de processos, é muito relevante para fazer face à necessidade de aumento de produtividade e competitividade das empresas, nas quais o processo de controlo de qualidade requer uma elevada fiabilidade e rapidez. A diminuição de recursos humanos com formação específica, aliada ao aumento de produtividade das empresas, bem como o possível desgaste biológico do corpo humano são alguns dos principais fatores que podem influenciar o processo de controlo de qualidade e para os quais é necessário encontrar soluções. A automação não serve apenas para processos repetitivos e de fácil execução, também permite ajudar a tomar decisões previamente programadas, ou até mesmo criar sistemas que, ao longo do tempo, vão aprender através do processo de inteligência artificial e tornarem-se sistemas inteligentes de apoio à decisão.

Posto isto, já foi desenvolvido um protótipo de um processo totalmente autónomo para a inspeção de peças de cerâmica de deteção de defeitos. Este protótipo é composto por um sistema mecânico robotizado, que permite manipular os objetos de louça utilitária a inspecionar, em particular neste caso, pratos. Agrega um módulo de aquisição e pré-processamento (sistema de aquisição de imagem) adequado às geometrias das superfícies cerâmicas, bem como um módulo de software/algoritmo de visão por computador e de inteligência artificial que permite a deteção de um conjunto de defeitos visíveis em iluminação difusa. Simultaneamente, integra um processamento tridimensional de informação para deteção de defeitos de geometria, sendo todos estes elementos controlados de forma automática com recurso a automação, divididos assim em diferentes sistemas.

O Sistema de Controlo é composto por um PLC ou PC industrial (responsável por controlar os diferentes dispositivos e processar a in-

formaçao), cartas de entrada/saída, *DeviceNet Master* (entre outros), interligados respetivamente aos diversos dispositivos, recorrendo a protocolos de comunicação. De entre os variados existentes, foram utilizados: *EtherCAT*, *EtherNet* e *DeviceNet*. Foi concomitantemente elaborado um HMI, programado para proporcionar interação humana.

O sistema de transporte é composto por três tapetes, sendo um de entrada e dois de saída, onde será realizada uma seleção e separação das peças com e sem defeito.

O Sistema de Manipulação consiste numa célula robotizada, com um alcance máximo de 901.5 mm (com adicional alcance de 140 mm de alcance da garra), estando o robô posicionado no centro do protótipo. O robô tem como funcionalidade retirar os pratos do tapete de entrada, colocá-los nas zonas de inspeção e, posteriormente, encaminhá-los aos respetivos tapetes de saída. Este robô terá nele integrado uma garra, composta por 3 ferramentas alimentadas por ar comprimido, onde cada uma é responsável por colocar, retirar e virar, respetivamente.

Encontra-se abaixo espelhado na Figura 1, a estrutura da célula robotizada – em a), e em b) o sistema de manipulação acima mencionado detalhadamente.

O Sistema de Aquisição demonstrado abaixo na Figura 2 contém uma câmara, laser e iluminação e encontra-se posicionado por cima do produto a inspecionar (neste caso prato). O prato posiciona-se num suporte, acoplado a um eixo linear, que é adquirido ao efetuar um movimento linear abaixo da câmara.

Os sistemas de visão 2D e 3D são indispensáveis para capturar as

imagens necessárias, sendo responsáveis pela deteção de defeitos de brilhos e cores, e defeitos de geometria, respetivamente.

Posto isto, foi elaborado um projeto composto por inúmeras instruções acopladas a diversas linguagens de programação de PLC, com o intuito de interligar os sistemas construídos com o sistema de controlo.

O protótipo desenvolvido numa fase inicial funciona da seguinte forma: as peças de cerâmica são encaminhadas até ao tapete de entrada que possui no seu *terminus* um sensor que tem como função enviar um sinal para o autómato. Por conseguinte, o robô – que se encontra em posição de repouso – aguarda a informação de que o objeto (prato) está posicionado na entrada. De seguida, uma câmara 2D capture uma imagem do prato nessa mesma posição. Com estas duas informações, o robô está apto a processá-las e a recolher o prato, com recurso à garra número 1.

Após deter o prato, o robô inicia a sua funcionalidade de verificação de defeitos através de um sistema de inspeção livre que contém 2 garras. Para executar a inspeção de um prato, o mesmo é colocado sobre uma plataforma que é movida através de um motor linear. Este movimento é realizado através de uma instrução dividida em 3 fases, sendo apenas duas delas iluminadas por um laser, contrário ao movimento da plataforma, adquirindo as imagens necessárias. Findas as 3 fases, repete-se o processo novamente, distinguindo-se da sequência anterior pois neste momento, o robô mobiliza o prato (virando-o), expondo a face contrária do prato para o sistema de visão. Posteriormente, é realizado um novo movimento de aquisição, onde após o processo de inspeção do prato e o robô possuir a garra número 2 disponível, desloca o prato para o respetivo tapete de saída.

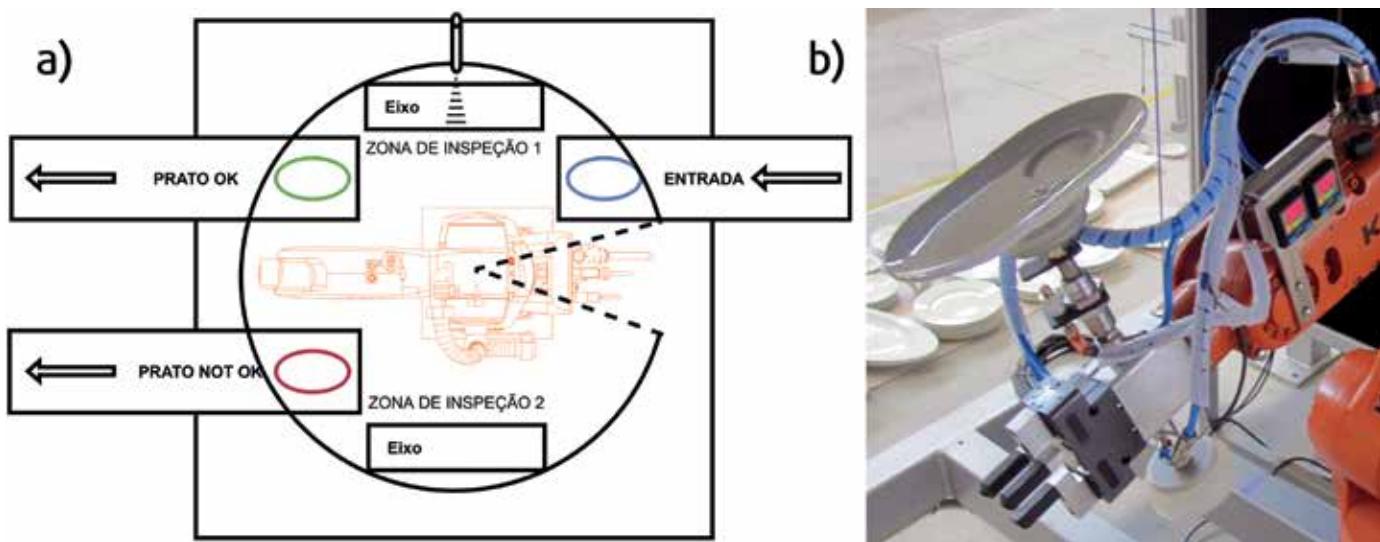


Figura 1 - a) Estrutura da célula b) Sistema de manipulação

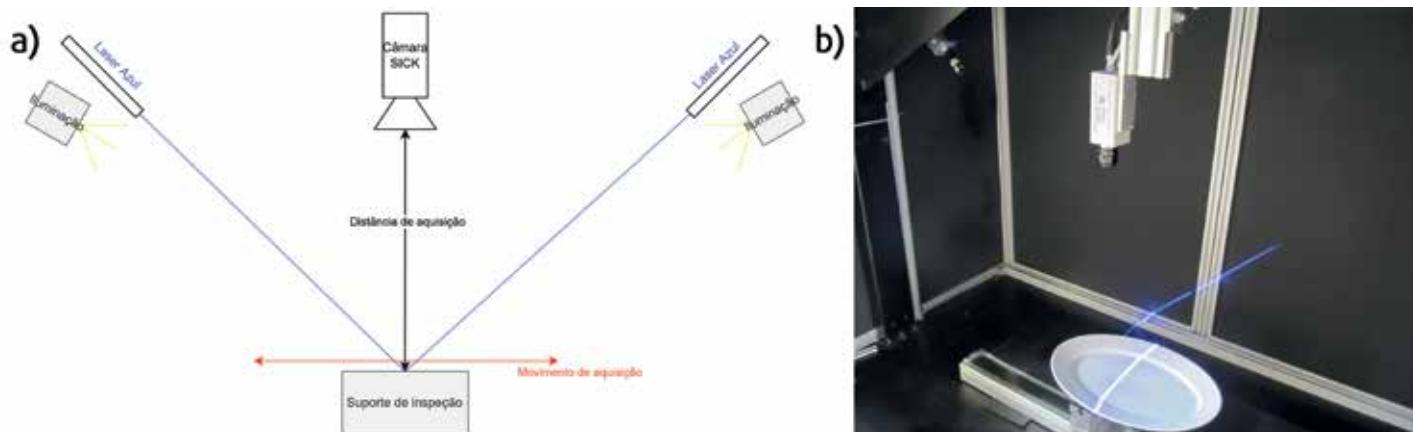


Figura 2 - Sistema de aquisição: a) projetado, b) realizado

## Conclusão

A automação dos processos de inspeção cerâmica é um passo seguro e prático para a modernização do setor da indústria cerâmica, uma vez que sem esta as empresas de cerâmica ficam dependentes de um conjunto cada vez mais reduzido de trabalhadores especializados na inspeção de produtos cerâmicos.

Através deste projeto e dos resultados obtidos, pode-se constatar as vantagens e soluções nas áreas industriais. Isto é, através de zonas de inspeção de defeitos, o processo acaba por ser mais rápido e mais eficaz, permitindo ter várias zonas de controlo específico, reduzindo significativamente os defeitos bem como identificar de forma eficaz quando acontecem, quando comparado com a 'mão-de-obra' humana, uma vez que é possível executar várias inspeções em simultâneo e, enquanto as plataformas de inspeção estiverem ocupadas, o robô captar um terceiro prato proveniente do tapete de entrada, rentabilizando ao máximo o tempo do processo, e permitindo uma melhor gestão dos recursos humanos.

Contudo, a identificação de defeitos cerâmicos é um desafio para a visão artificial, pois o ambiente nesta indústria poderá não ser propício por apresentar muitas poeiras que obstroem a realização do processo, requerendo a manutenção do protótipo com mais frequência. Por outro lado, a própria superfície dos cerâmicos apresenta brilhos que podem refletir contra as lentes das câmaras de inspeção, incapacitando-as de adquirir uma imagem nítida.

Num futuro, a implementação da inteligência artificial na identificação de novos defeitos é uma mais-valia neste setor, sendo assim possível implementar métodos de inspeção com uma taxa de erro praticamente nula, aumentando a fiabilidade e contribuindo para as exigências da indústria 4.0.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração da empresa Porcelanas da Costa Verde, SA. □

