

Inspeção Visual Automatizada em Placas Eletrônicas: Uma Análise Prática de Baixo Custo Utilizando Visão Computacional

Matheus Artur de Faria , Marcelo Schneck de Paula Pessoa
Marli De Freitas Gomes Hernandez , Marbília Possagnolo Sergio

¹ CTI Renato Archer, Campinas–SP, Brasil

²Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP - FT), Limeira–SP, Brasil

m196187@dac.unicamp.br, marli@ft.unicamp.br, marbilia.sergio@cti.gov.br

Abstract. *This work presents a low-cost automated optical inspection (AOI) solution for electronic boards, designed for the context of small businesses. The central idea is to compare a reference board with the board under inspection to identify possible defects, such as missing or misplaced components. To ensure more consistent results, we use a controlled imaging setup and a simple interface that allows the user to indicate areas of interest directly on the reference board. Initial results show that the approach is feasible and can reduce common errors in manual inspection while maintaining a good balance among cost, practicality, and reliability.*

Resumo. *Este trabalho apresenta uma solução de inspeção ótica automatizada (AOI) de baixo custo para placas eletrônicas, voltada para o contexto de pequenas empresas. A ideia central é comparar uma placa de referência com a placa inspecionada para apontar possíveis falhas, como ausência ou mau posicionamento de componentes. Para garantir resultados mais consistentes, utilizamos um ambiente de captura controlado e uma interface simples que permite ao usuário indicar as áreas de interesse diretamente na placa de referência. Os resultados iniciais mostram que a abordagem é viável e pode reduzir erros comuns da inspeção manual, mantendo bom equilíbrio entre custo, praticidade e confiabilidade.*

1. Introdução

Com o avanço das técnicas de visão computacional, a inspeção ótica automática (Automated Optical Inspection) tem se mostrado uma alternativa promissora para a detecção de anomalias em peças ao longo de uma cadeia produtiva. No contexto das placas eletrônicas, as tecnologias de inspeção ótica são amplamente empregadas para detectar diversas falhas, como ausência de componentes, posicionamento inadequado ou até mesmo falhas de soldagem [1].

Entretanto, as soluções de inspeção ótica disponíveis no mercado apresentam custos elevados, com valores variando entre R\$ 50.000 e R\$ 300.000, dependendo do modelo e das especificações [2], o que inviabiliza o seu uso em empresas de porte pequeno ou médio. Esse cenário reforça a importância da busca por alternativas que sejam mais acessíveis e adaptadas às necessidades dessas empresas.

Diante disso, este artigo propõe o desenvolvimento de um sistema de inspeção ótica automática voltado para pequenas e médias empresas, com foco em uma solução simples e de baixo custo. A proposta baseia-se na aplicação de técnicas de visão computacional e em algoritmos modernos de processamento de imagens, priorizando soluções com baixa demanda computacional e capazes de operar em tempo real.

2. Objetivos

No Apêndice 1, está descrita a especificação do equipamento AOI, foco desta iniciação científica, bem como o desafio de pesquisa: desenvolver um sistema de inspeção ótica automática capaz de detectar falhas comuns em placas de circuito imprimido, como ausência de componentes, posicionamento inadequado, defeitos de soldagem e possíveis danos mecânicos. O sistema realiza uma comparação entre uma placa de referência (Golden Board) e a placa sob inspeção, utilizando técnicas de visão computacional para garantir precisão na identificação dos defeitos.

3. Abordagem da Inspeção Ótica

Bob Baddeley (2015) relatou ter enfrentado um desafio similar ao desta pesquisa, desenvolvendo uma solução com custo de hardware de apenas 60 dólares. Sua abordagem propõe o recorte da imagem da placa em pequenas partes, representando cada componente específico. Dessa forma, ao invés de comparar duas placas integralmente, realizam-se diversas comparações de componentes isolados, tornando o processo mais simples e eficaz.

Para contornar a necessidade de estruturas físicas complexas e caras, pesquisadores têm explorado soluções baseadas em visão computacional. Nayak et al. (2017) desenvolveram um sistema que funciona sem ambientes controlados, utilizando algoritmos para compensar automaticamente variações de iluminação e posicionamento [3]. Essa abordagem demonstrou que é possível alcançar resultados confiáveis dispensando equipamentos especializados, tornando a tecnologia mais acessível.

A pesquisa de Baddeley [4], juntamente com estudos recentes reflete a possibilidade de desenvolver sistemas de inspeção ótica eficazes mantendo um baixo custo. Embora equipamentos comerciais de AOI ofereçam uma alta precisão e sejam amplamente empregados na indústria, seus altos custos limitam o acesso de empresas menores, justificando a relevância das abordagens baseadas em visão computacional para democratizar essa tecnologia.

4. Modos de Operação

Conforme descrito no Apêndice I, o equipamento deverá operar em dois modos:

- **Preparação da Golden Board:** Nesta etapa, captura-se a imagem da placa modelo, que será usada como referência para comparação nas inspeções subsequentes.
- **Controle da Qualidade:** Esta etapa consiste em capturar a imagem das placas fabricadas e realizar o processamento para detecção de falhas, composto por quatro sub-etapas:
 1. Captura das imagens;
 2. Alinhamento automático;
 3. Identificação dos componentes;
 4. Comparação com a Golden Board.

4.1. Captura das imagens

Para minimizar variações drásticas na iluminação ou posição, as imagens são capturadas em ambiente controlado, utilizando uma câmera fixa posicionada perpendicular à superfície da placa. A iluminação, provida por barras de LEDs, é uniforme e elimina sombras, facilitando a análise. As imagens são adquiridas em alta resolução e armazenadas para posterior processamento.

4.2. Alinhamento automático

O alinhamento entre a Golden Board e a placa sob inspeção utiliza o algoritmo ORB para detectar pontos característicos em ambas as imagens e calcular a transformação necessária para a sobreposição.

4.3. Identificação dos componentes

O sistema oferece uma interface gráfica que permite ao operador selecionar os componentes a serem inspecionados na imagem da Golden Board, registrando também informações complementares, como polaridade, quando pertinente.

4.4. Comparação e análise

A comparação dos componentes selecionados utiliza múltiplas técnicas de análise, incluindo SSIM, detecção e correspondência de pontos-chave, além de análise de histogramas. O resultado final é obtido por meio de uma métrica ponderada que atribui pesos específicos a cada método. Componentes que apresentem grau de confiança abaixo do limiar definido são sinalizados.

5. Ciclos

Esta pesquisa será conduzida utilizando o método pesquisa-ação em quatro ciclos: construção do mockup físico, análise de viabilidade técnica, análise individual dos componentes e otimização dos algoritmos. Em cada fase, foram definidos os objetivos, realizadas as ações necessárias e analisados os resultados para permitir o avanço ao ciclo seguinte.

6. Descrição dos Ciclos da Pesquisa

6.1. Ciclo 1: Construção do Mockup Físico

Objetivo: Estruturar uma infraestrutura física que permita a obtenção de imagens padronizadas das placas eletrônicas, viabilizando a análise eficiente durante os testes.

Ação: Foi definida uma solução física adequada ao protótipo, avaliando diferentes materiais tais como papelão e perfis estruturais de alumínio, em conformidade com as restrições de dimensões específicas para cada tipo de câmera, levando em conta a distância focal e o campo de visão. Optou-se por uma câmera com resolução mínima de 1920×1080 pixels (Full HD) e interface compatível para integração com plataformas de baixo custo, como o Raspberry Pi. Testaram-se diferentes configurações de iluminação, variando temperatura de cor (branco quente ou frio) e ângulos de incidência de 30°, 45° e 60°, buscando minimizar sombras e maximizar o desempenho do algoritmo de reconhecimento.



Figura 1. Mockup físico utilizado nos testes iniciais

Resultado: A configuração definitiva prevê a utilização de perfis estruturais de alumínio, com vedação por material ainda em definição; entretanto, o protótipo foi construído com caixa de papelão para reduzir custos e facilitar adaptações. A estrutura utilizada nos primeiros testes contou com dimensões específicas de 48 cm (comprimento) x 44 cm (largura) x 23 cm (altura), aberturas laterais para manipulação das placas e câmera OLYMPUS 20X WIDE ajustada para 1920×1080 pixels. A iluminação consistiu em barras de LED branco dispostas em 45° nos cantos superiores. A caixa possibilitou obtenção de imagens em 10 placas de diferentes lotes, permitindo identificar que a ausência de portas laterais não interfere significativamente por conta da iluminação do ambiente interno, e que a estrutura pode ser aplicada em linhas com correia transportadora.

6.2. Ciclo 2: Primeiros testes e viabilidade da ideia

Objetivo: Analisar a viabilidade de implementação de um sistema de inspeção ótica funcional e de baixo custo.

Aspectos conceituais: A partir do trabalho de Bob Baddeley [4], que desenvolveu um sistema AOI funcional por menos de 60 dólares, este ciclo buscou testar algoritmos simples para comparar imagens de placas eletrônicas, seguindo os passos feitos na descrição da implementação do mesmo.

Ação: Foram testados métodos básicos de comparação, principalmente a subtração direta entre a imagem da placa em análise e a placa de referência ("Golden Board"). O objetivo era encontrar técnicas que funcionassem bem sem exigir muito processamento computacional para um teste inicial.

Resultado: Os testes mostraram que a análise da placa inteira com métodos simples não funciona adequadamente, com grande incidência de falsos positivos, além da detecção de problemas em regiões que não eram relevantes para a análise. Esses resultados indicaram que seria necessário mudar a estratégia, focando na análise de componentes individuais ao invés da placa toda.

6.3. Ciclo 3: Implementação da análise por componentes individuais

Objetivo: Desenvolver e testar um método de análise segmentado, focado no recorte individual dos componentes, buscando maior precisão na detecção de defeitos.

Aspectos conceituais: No fim do texto de Bob Baddeley [4], ele aponta que o recorte dos componentes para uma análise individual seria um caminho interessante para evitar detecções falsas. Além disso, no artigo de Nayak et al. [3], são apresentados testes que implementam técnicas de comparação mais recentes. O foco deste ciclo foi justamente dividir e analisar os componentes um a um.

Ação: Foi implementado um recorte manual das regiões de cada componente na placa, para permitir uma análise individualizada. Os métodos simples de subtração foram testados novamente, agora aplicados só aos recortes, e também foram incluídos algoritmos mais robustos, como ORB para reconhecimento de padrões e SSIM para avaliar semelhança estrutural. O objetivo era verificar se essa abordagem aumentaria a precisão e diminuiria os falsos positivos, comparando métodos básicos e mais avançados.

Resultado: A análise por recorte de componentes se mostrou muito mais eficiente do que comparar a placa inteira. Os índices de falsos positivos caíram bastante e o sistema passou a identificar com mais facilidade componentes ausentes. Ainda assim, desafios como pequenos desalinhamentos entre os recortes e variações de iluminação continuaram aparecendo, especialmente em componentes reflexivos. Cada algoritmo exibiu pontos fortes em situações diferentes, sinalizando que uma combinação balanceada dos métodos pode ser a melhor solução.

6.4. Ciclo 4: Otimização dos algoritmos e próximos passos

Objetivo: Desenvolver e validar rotinas de alinhamento automático de componentes para maximizar a taxa de detecção e sugerir próximos avanços do projeto.

Aspectos conceituais: Inspirado na solução apresentada por Paulo, Perdigoto e Faria [5], este ciclo voltou-se para implementar um método de alinhamento automático entre as imagens dos componentes, sendo uma etapa fundamental para garantir comparações mais precisas.

Ação: Foi criado um sistema de alinhamento automático para os recortes de componentes em diferentes placas, garantindo que as regiões analisadas realmente correspondessem entre si em cada inspeção. Além disso, foi desenvolvida uma métrica com diferentes pesos para cada métodos de análise utilizados (ORB, SSIM, subtração e histograma). Essa estratégia permite ajustar o sistema conforme o tipo de defeito que se deseja identificar ou as características do ambiente produtivo, tornando o mesmo mais robusto.

Resultado: A automação do alinhamento reduziu os falsos positivos e melhorou a taxa de acertos do sistema ao combinar resultados de diferentes métricas. Apesar do avanço, ainda há algumas dificuldades na análise de componentes muito pequenos, como resistores SMD, devido à limitação de resolução da câmera. Apesar de tudo, os testes mostraram que o sistema é viável para uso na produção, mas ainda precisa de validações mais amplas e de ajustes para casos específicos, sugerindo que futuros ciclos podem avançar ainda mais nessa direção, principalmente com contribuições da comunidade.

7. Captura e Processamento de Imagens

Esta seção final detalha o sistema de processamento de imagens que foi construído, abordando desde a aquisição das imagens até a análise dos resultados, destacando as principais técnicas empregadas para garantir a eficiência da inspeção.

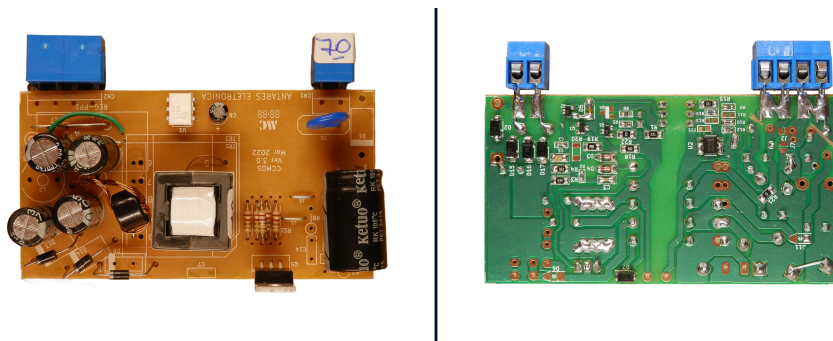


Figura 2. Exemplo de placas eletrônicas utilizadas nos testes, mostrando a face dos componentes (esquerda) e a face da solda (direita) e com os diferentes tipos de componentes e soldas que o sistema deve inspecionar.

7.1. Pipeline de captura

As imagens são capturadas usando a biblioteca OpenCV integrada com a câmera do sistema. Nos testes, utilizamos a câmera OV5647 5MP para Raspberry Pi, que apresentou uma resolução suficiente para detectar os componentes de tamanho convencional, mas ainda é limitada para inspeções mais detalhadas de componentes SMD. Além disso, a conexão direta via interface CSI (Camera Serial Interface), simplifica a integração.

7.2. Algoritmo de alinhamento

O alinhamento preciso entre as imagens é fundamental para uma inspeção bem sucedida, a solução implementada combina três técnicas complementares:

ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF): Este algoritmo identifica pontos únicos na imagem, como cantos de componentes, textos impressos ou furos, que servem como referências para o alinhamento [6]. O ORB foi escolhido como uma boa alternativa para equilibrar velocidade e precisão, enquanto alternativas mais sofisticadas como SIFT demoram significativamente mais para processar uma única imagem, o ORB realiza a mesma tarefa sendo aproximadamente duas ordens de magnitude mais rápido [6]. Configurado para detectar até 1000 pontos característicos, oferece cobertura suficiente da placa sem tomar muito tempo de processamento.

BFMatcher (Brute Force Matcher): Após identificar os pontos característicos em ambas as imagens, é necessário descobrir quais pontos correspondem entre si. O BFMatcher compara cada ponto da primeira imagem com todos os pontos da segunda, encontrando as melhores correspondências baseado em métricas de distância [7]. Para evitar erros, utiliza validação cruzada, ou seja, um ponto só é considerado correspondente se, e somente se a relação for mútua entre ambas as imagens [7].

RANSAC (Random Sample Consensus): Mesmo com a validação cruzada, algumas correspondências encontradas ainda podem estar incorretas, um componente pode

ser confundido com outro similar, por exemplo. O RANSAC resolve esse problema selecionando aleatoriamente pequenos grupos e testa qual transformação matemática alinha melhor as imagens [8]. Após múltiplas iterações, ele identifica quais pontos são confiáveis e quais são ruído, conforme demonstrado em sistemas de rastreamento visual [8].

7.3. Técnicas de comparação

Por final, para determinar se um componente está correto ou defeituoso, o sistema utiliza múltiplas técnicas de análise que se complementam em um único índice no final, sendo eles:

7.3.1. SSIM (Structural Similarity Index)

O SSIM foi desenvolvido por Wang et al. [9] para imitar a percepção visual humana, este índice considera três aspectos: luminância (brilho geral), contraste (diferença entre claro e escuro) e estrutura (padrões e formas) [9]. Na prática, isso significa que pequenas variações de iluminação não são interpretadas necessariamente como defeitos, mas mudanças significativas na forma ou ausência de componentes são detectadas com precisão, característica que torna o SSIM superior às métricas tradicionais baseadas em erro como MSE (erro quadrático médio) [9]. Este método provou ser o mais confiável, contribuindo com **40% do peso** na decisão final.

7.3.2. Correspondência de características

Nessa seção, o algoritmo ORB é aplicado no componente isolado, seguindo os princípios de análise fine-grained que permitem detectar diferenças sutis entre objetos visualmente similares [10]. Isso permite detectar detalhes que se perderiam na visão geral: um capacitor eletrolítico montado com polaridade invertida mantém a mesma forma e tamanho, mas a posição da faixa indicadora muda, por exemplo. Esta análise refinada contribui com **20% do peso** na decisão final.

7.3.3. Análise de histogramas

Os histogramas mapeiam como as cores e intensidades se distribuem em uma imagem, fornecendo uma representação estatística robusta para comparação. Cada componente eletrônico possui uma distribuição característica. O sistema compara essas distribuições usando três principais métricas amplamente validadas na literatura:

Correlação: Mede a similaridade geral entre dois histogramas, resultando em valores de -1 a 1. Componentes idênticos alcançam valores próximos de 1, mesmo sob diferentes condições de iluminação. Na prática, valores abaixo de 0,8 indicam componentes provavelmente diferentes.

Chi-quadrado: Enquanto a correlação observa um "panorama geral" da imagem, o Chi-quadrado funciona como uma lupa, observando cada pequena região da imagem em busca de diferenças específicas, sendo eficaz para detectar variações sutis em histogramas [11]. Por exemplo, em casos de capacitores de valores diferentes, apesar de terem

uma estrutura quase idêntica, o teste de Chi-quadrado é capaz de notar pequenas diferenças nas marcações, detectando variações mínimas de tonalidade, contraste ou padrão que revelam se a imagem é ou não correspondente.

Interseção: Calcula diretamente a sobreposição entre histogramas, sendo eficaz para comparação de distribuições [11]. Para cada nível de intensidade, compara os valores e soma os mínimos. Componentes ausentes resultam em interseção próxima de zero, tornando esta métrica eficaz para detecções binárias.

Apesar de técnicas simples, tais métricas **contribuem com 15%** da decisão final, sendo particularmente úteis para detectar componentes com cores incorretas ou alterações na solda.

8. Considerações Finais

Este trabalho mostra que é possível construir um sistema de inspeção óptica automatizada (AOI) para placas de circuito impresso (PCIs) que seja barato, simples e acessível. Combinando técnicas clássicas de visão computacional e processamento de imagens, conseguimos identificar falhas como ausência de componentes e posicionamento incorreto.

Ainda assim, o uso de um hardware mais básico traz limitações, principalmente na detecção de detalhes mais sutis, como em componentes SMD. Mesmo assim, essas restrições não impedem o uso do sistema na maioria dos cenários práticos encontrados em pequenas empresas.

Agradecemos ao CNPq e ao CTI Renato Archer pela oportunidade de participar do Programa PIBIC 2024–2025.

Referências

- [1] Roland T. Chin and Charles A. Harlow. Automated visual inspection: A survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-4(6):557–573, 1982.
- [2] Alibaba. Aoi machine - industrial machinery, 2024. Acesso em: 30 ago. 2025.
- [3] Jithendra P. R. Nayak, B. D. Parameshachari, K. M. Sunjiv Soyjaudah, Rajashekarappa, Reshma Banu, and A. C. Nuthan. Identification of pcb faults using image processing. In *2017 International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer, and Optimization Techniques (ICEECCOT)*, pages 1–4, 2017.
- [4] Bob Baddeley. Creating an automated optical inspector for \$50, 2015. Acessado em 30 de agosto de 2025.
- [5] Guilherme B. F. Paulo, Luís M. R. Perdigoto, and Sergio M. M. Faria. Automatic visual inspection system for solder paste deposition in pcbs. In *2021 Telecoms Conference (ConfTELE)*, pages 1–6, 2021.
- [6] Ethan Rublee, Vincent Rabaud, Kurt Konolige, and Gary Bradski. Orb: An efficient alternative to sift or surf. In *2011 International Conference on Computer Vision*, pages 2564–2571, 2011.
- [7] Amila Jakubović and Jasmin Velagić. Image feature matching and object detection using brute-force matchers. In *2018 International Symposium ELMAR*, pages 83–86, 2018.

- [8] Georg Klein and David Murray. Parallel tracking and mapping for small ar workspaces. In *2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pages 225–234, 2007.
- [9] Zhou Wang, A.C. Bovik, H.R. Sheikh, and E.P. Simoncelli. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(4):600–612, 2004.
- [10] Xiu-Shen Wei, Yi-Zhe Song, Oisín Mac Aodha, Jianxin Wu, Yuxin Peng, Jinhui Tang, Jian Yang, and Serge Belongie. Fine-grained image analysis with deep learning: A survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 44(12):8927–8948, 2022.
- [11] Jianfeng Ren, Xudong Jiang, and Junsong Yuan. A chi-squared-transformed subspace of lbp histogram for visual recognition. *IEEE Transactions on Image Processing*, 24(4):1291–1302, 2015.

A. Especificação Técnica do Equipamento

Especificação Técnica

Equipamento de Inspeção Ótica Automática

1.Objetivo

Os sistemas de inspeção ótica automática AOI (Automatic Optical Inspection) realizam esta tarefa através da análise de imagens obtidas dos produtos sob inspeção. Esta técnica é considerada robusta e pode substituir inspetores humanos que estão sujeitos ao tédio e à fadiga na execução de tarefas de inspeção (ABD AL RAHMAN, M, 2020). Normalmente são equipamentos de alto custo utilizados na linha de produção.

A proposta deste projeto de pesquisa é desenvolver um equipamento de AOI utilizando software livre e dispositivos de hardware de alta qualidade e custo acessível, se necessário utilizando técnicas de inteligência artificial para demonstrar ser possível desenvolver um equipamento de baixo custo para diversos tipos de aplicação.

2.Aplicações gerais e específicas

Este tipo de equipamento pode ser utilizado em várias situações diferentes onde se faz inspeção visual por pessoas, uma atividade muito comum na indústria. A inspeção realizada por pessoas, mesmo experientes, está sujeita a falhas particularmente em linhas onde circula um grande número de peças iguais pois qualquer distração pode deixar passar uma peça defeituosa.

Como o objetivo desta pesquisa é identificar como se pode elaborar um equipamento de baixo custo, será utilizada a abordagem de um equipamento simples que não resolva problemas genéricos, mas sim uma aplicação específica pois, dessa forma, a complexidade do hardware, de algoritmos e requisitos de capacidade computacional são mais simples.

A aplicação foco é a inspeção de placas de circuito impresso montadas com componentes SMD (montagem de superfície) e componentes tradicionais (PTH).

A aplicação deverá, em um primeiro momento, avaliar os componentes maiores (PTH), em seguida os componentes de superfície (SMD) e, em havendo tempo, a inspeção das soldas (atividade mais complexa).

Em sendo um equipamento de baixo custo, a aplicação seria para pequenas empresas que produzem equipamentos em escala baixa. Para fixar valores de referência, pode-se considerar lotes de 10 a 500 unidades. Esse volume de produção permite que as placas possam ser colocadas manualmente no equipamento. Para o caso de lotes maiores o equipamento poderia permitir a passagem de uma correia transportadora para que as placas possam ser levadas automaticamente até a posição de leitura da imagem. Nesse caso da correia transportadora, não fica definido aqui se a imagem é capturada

dinamicamente ou se a correia transportadora deve parar para se analisar a imagem. Essa definição deverá ser feita após experimentos pois, depende muito da velocidade da esteira e outros parâmetros.

3.Modos de operação previstos

Para cada placa fabricada deve existir um modelo, uma placa que está sem erros de montagem denominada **Golden Board**. As diferenças de uma placa nova em relação a esta podem identificar os erros de montagem.

Dessa forma, a operação do equipamento tem duas etapas distintas: preparação da *Golden Board* e controle da qualidade.

Preparação da Golden Board

Esta etapa é feita uma vez só para cada placa a ser examinada e consiste em obter as imagens e definir os parâmetros de comparação. Por exemplo, o componente diodo possui polaridade e deve ser montado do lado correto e é necessário verificar se a tarja que indica o catodo está do lado correto. Por outro lado, um resistor PTH possui faixas coloridas e a identificação é se as cores são iguais independente da polaridade.

Controle da qualidade

Uma vez estabelecidas as regras de comparação fica definida a montagem correta de todos os componentes e pode ser feita a comparação de uma nova placa com a *Golden Board*. A nova placa deve ser colocada no equipamento, e é obtida uma imagem. As condições de iluminação, devem ser idênticas para que se tenha a menor variação possível de parâmetros.

Após a comparação são apontadas as divergências encontradas relacionando os erros de montagem.

A placa medida pode ser identificada por número de série de forma a criar rastreabilidade. Assim, para um lote produzido, o equipamento pode emitir um relatório com os erros identificados para que se possa ter um sistema de controle da qualidade dessa placa.

4.Concepção mecânica

O equipamento deve ser montado em uma caixa que tenha capacidade para avaliar placas de dimensões de até 250 x 250 mm.

O equipamento deve ter um berço ou alguma referência similar para permitir o posicionamento correto da placa para que a imagem fique igual à *Golden Board*.

Placas podem possuir montagem nas duas faces exigindo duas câmeras ou a colocação da placa duas vezes para avaliação da face superior (componentes) e inferior (solda – que pode possuir componentes SMD).

A colocação da placa poderá ser manual ou com correia transportadora.

A iluminação interna deve ser adequada para permitir uma imagem clara o suficiente para que todas as características dos componentes possam ser lidas.

Os comandos para o funcionamento correto do equipamento deverão estar colocados de forma ergonômica para oferecer conforto ao trabalhador.

5.Descrição do Hardware

O hardware é formado por uma câmera com resolução mínima HD 1920x1080 pixels e um processador com capacidade para captar a imagem e realizar as tarefas de comparação e análise da qualidade da montagem em um tempo de processamento compatível com o ritmo de produção. Para se ter uma referência, pode-se considerar um tempo máximo de processamento da imagem de 60 segundos.

O hardware também deverá ter capacidade de comunicação com outro equipamento, estar conectado em rede (por exemplo) para poder trazer a massa de dados da placa a ser analisada. Não é necessário armazenar neste hardware os dados de todas as placas a serem analisadas.

A comunicação também deverá permitir o envio dos resultados dos testes realizados para integração com o sistema de controle da qualidade da empresa.

6.Arquitetura do software

O software como um todo deve ser concebido de forma a minimizar a complexidade do hardware do equipamento e considerar uma parte do sistema operando em um computador maior, dotado de banco de dados para permitir o armazenamento de uma quantidade maior de dados.

Este documento está focado nos requisitos do equipamento AOI propriamente dito resolvendo os problemas de tratamento da imagem, mas é importante a especificação do sistema como um todo para que não haja problemas na sua construção futura.

Dessa forma, o software poderá funcionar no equipamento para realizar a captura da imagem da *Golden Board*, registrar os parâmetros de análise e ter a capacidade de analisar apenas uma placa modelo e armazenar os resultados de um lote.

Um protocolo de comunicação com outro computador precisa ser definido para que se possa trazer os dados e enviar os resultados das análises.

O computador com banco de dados deverá ter capacidade para armazenamento das imagens da quantidade de placas diferentes produzida pela empresa, bem como armazenamento dos defeitos encontrados nas placas com identificação individual. Não é necessário armazenar as imagens dos defeitos, mas sim quais defeitos encontrados.

7.Considerações Finais

Esta especificação define um equipamento que pode ser projetado e construído e serve de referência para a pesquisa de iniciação científica apresentando os desafios de pesquisa dentro do contexto de um problema real. Dessa forma, o foco para a pesquisa não é o projeto do equipamento, mas sim a solução dos problemas de análise de imagens de forma simples, com baixa demanda de capacidade computacional e visando chegar a um custo baixo para o equipamento.

Entende-se que, aprofundando em um problema real e específico, as soluções podem demandar um investimento maior na fase de projeto, mas permitem chegar a soluções simples dadas às suas características específicas.

Dessa forma essa iniciação traz uma abordagem um pouco diferente que é a identificação de algoritmos simples e com baixa demanda computacional para não exigir

câmeras inteligentes com grande capacidade computacional visando um produto final de baixo custo. O preço dessa abordagem é um maior investimento no projeto para identificar no caso específico quais são os algoritmos simples mais adequados ao caso estudado.

Somente a título de exemplo, se houver uma demanda de avaliação de imagens de chaves produzidas, tampas de garrafas, essas imagens apresentarão especificidades que precisam ser identificadas pelo projetista de software para procurar os melhores algoritmos para tratar esse tipo de imagem.