

Inspeção de Etiqueta de Carregadores de Celular numa Linha de Produção Utilizando Visão Computacional com Labview

André Gama de Matos

Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Amazonas - UEA
Manaus, Brasil
agdm.mee24@uea.edu.br

Carlos Maurício Seródio Figueiredo

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Amazonas - UEA
Manaus, Brasil
cfigueiredo@uea.edu.br

Jozias Parente de Oliveira

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Amazonas - UEA
Manaus, Brasil
jpoliveira@uea.edu.br

Fábio De Sousa Cardoso

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Amazonas - UEA
Manaus, Brasil
fcardoso@uea.edu.br

Allan Roberto Amorim da Silva

Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Amazonas - UEA
Manaus, Brasil
arads.mee24@uea.edu.br

André Luiz Printes

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Amazonas - UEA
Manaus, Brasil
aprintes@uea.edu.br

Abstract— O objetivo desse trabalho foi desenvolver um sistema de visão computacional de custo acessível, desenvolvido em LabVIEW® para inspecionar etiqueta e QRCODE de carregadores de telefone celular em uma linha de produção do Polo Industrial de Manaus. O sistema focou nas falhas visuais da etiqueta, onde conseguiu identificar falhas como etiqueta rotacionada, faltando e falha de caracteres. No QRCODE foi possível detectar falhas de impressão. O desempenho do sistema de visão computacional foi comparado com a inspeção manual feita por operadores humanos, e os indicadores de qualidade foram os erros na identificação das falhas. A produtividade da linha e o percentual de lotes reprovados na fábrica, foram utilizados como métricas do projeto. Após o sistema de visão computacional instalado, a falha de etiqueta faltando no cliente foi eliminada. A quantidade de lotes reprovados por conta de falha na serigrafia do QRCODE caiu 97%. Após um período de 6 meses rodando em uma única linha, a diretoria da empresa autorizou a compra de materiais para instalação em mais uma linha, confirmando o sucesso do sistema de visão computacional.

Keywords— automação; visão computacional; linha de produção; inspeção de falhas.

I. INTRODUÇÃO

Os problemas com inspeção visual feita por operadores humanos são relativamente comuns em indústrias por todo o mundo, causando prejuízos com lotes reprovados e gastos extras com mão de obra e atrasos nas entregas aos clientes, reduzindo a competitividade da empresa (RONG et al., 2019;

MACHADO et al., 2019). Chen (2024), destaca as deficiências dos métodos tradicionais de inspeção visual humana, como altos custos, baixa eficiência e susceptibilidade a erros humanos. Essas limitações tornam a inspeção humana impraticável, especialmente em altas velocidades de produção. Negrei (2023), aborda os desafios na detecção de falhas na indústria em garantir que todos os defeitos sejam detectados de forma precisa nas etapas de produção.

Em uma fábrica do Polo Industrial de Manaus (PIM), problemas estéticos como riscos e falta de etiqueta, impactam cerca de 3% do total de carregadores de celular produzidos mensalmente, aumentando os custos de produção. Quando um lote é reprovado por uma falha visual, como a falta de uma etiqueta ou risco, é necessária uma revisão desse lote, o que aumenta o consumo de energia elétrica e outras matérias-primas, bem como os impactos ambientais causados pelo consumo de energia elétrica extra (DE ASSUNÇÃO et al., 2022), reforçado por Wei L (2024), que destaca a importância dos altos custos no processo causados por lotes reprovados devido a defeitos.

De acordo com Meeradevi T (2024), para que a empresa se mantenha competitiva no mercado, ela precisa adotar novas estratégias para atender melhor às exigências dos clientes. E uma solução viável para reduzir esses problemas é a implementação de um sistema de visão computacional (SVC). Ahmad (2022) destaca que o uso dessa tecnologia na inspeção visual automatizada pode reduzir os custos de mão de obra e

umentar a qualidade do produto. O uso de SVC é fundamental no contexto industrial, com ênfase em melhorar a percepção visual e a precisão na detecção de componentes e na montagem robótica (Wang H, 2024).

Segundo Hu Y (2020), o LabVIEW pode ser utilizado para projetar software de sistema de testes, permitindo a coleta, cálculo, exibição e análise dos dados adquiridos.

Então, este trabalho teve como objetivo melhorar o processo de inspeção visual de carregadores de celular em uma empresa do PIM com o uso de um SVC feito em programa LabVIEW focado em inspecionar a etiqueta de um modelo de carregador de celular em uma linha de produção.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Produto

O carregador de celular limpo, com etiqueta e pronto para embalagem, passa pela esteira de produção e chega no posto de inspeção da etiqueta, onde é inspecionado 100% pelo SVC. A produção desse modelo específico é de 18 carregadores por minuto, e 1100 por hora.

B. Sistema de Visão Computacional (SVC)

O Sistema de Visão Computacional (SVC) foi construído basicamente da seguinte forma:

Aquisição das imagens com uma câmera (Basler aCAacA4096-30uc) em uma plataforma de análise de imagem usando um computador (Core i7 3.4Ghz, DDR3 16GB) que contém um programa desenvolvido no ambiente LabVIEW® para classificar os carregadores de acordo com a ausência da etiqueta, alinhamento e caracteres, com leitura simultânea do código que está gravado na etiqueta, e leitura do QR CODE que está gravado no gabinete do carregador, e é mostrado na interface do usuário (Figura 1).

Uma câmera de controle de iluminação e captura de imagens para garantir a qualidade e precisão das fotos tiradas, reduzindo reflexos, melhorando a precisão na detecção das características, reduzindo os erros e melhorando a eficiência no processamento das imagens (Figura 2).

A construção de um banco de dados com imagens de carregadores em situação de padrão aprovado também em situação de reprovados, onde é feita a comparação das imagens inspecionadas (Figura 3).

Fig. 1. Interface do usuário do SVC em LabVIEW.

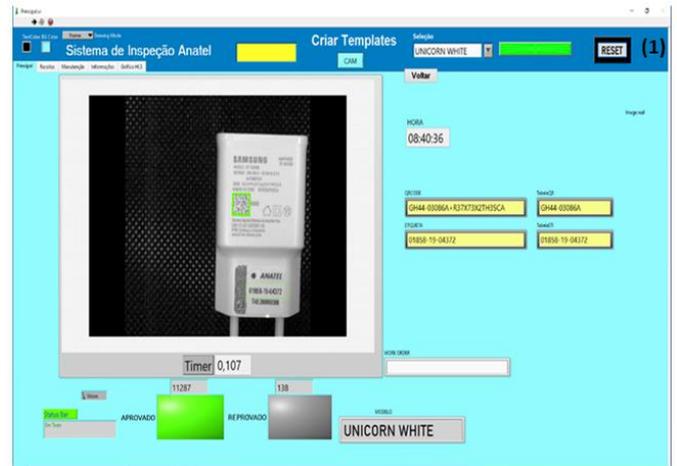
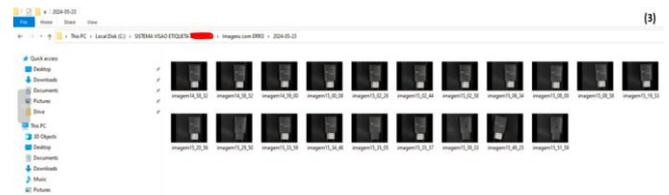


Fig. 2. Câmara de iluminação e captura de imagens.



Fig. 3. Data set de imagens de carregadores reprovados.



III. AVALIAÇÃO DE INDICADORES

Diferentes indicadores foram utilizados para a avaliação do CVS nesta linha de produção de carregadores, sendo eles: erro na leitura do código da etiqueta e número de série do produto (QR CODE), ausência da etiqueta, e posicionamento da etiqueta no produto, como os indicadores de qualidade do setor de Produção.

No setor de Controle de Qualidade, o indicador foi o número de lotes reprovados por falha de etiqueta no carregador, tanto internamente, quanto no campo (Cliente). Esse índice é informado em todos os turnos.

Também foi levado em consideração o valor total do investimento e quanto foi a economia gerada com lotes reprovados que deixaram de acontecer por conta de problemas relacionados à etiqueta. O custo médio de um retrabalho, o valor do sistema implantado e a diferença entre o antes e depois do SVC, estão na tabela abaixo:

Tabela 1. Custos com retrabalho antes e depois do SVC implementado (BRL) na linha de produção.

Antes do SVC		Com SVC instalado	
Custo com retrabalhos por lote	3245	Investimento	14850
Quantidade de lotes reprovados por mês	5		0
Custo total com retrabalhos	16225		0

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do SVC em LabView para a inspeção de etiquetas em carregadores de celular, resultou em melhorias em diversos aspectos do processo de produção. Os resultados obtidos podem ser agrupados em quatro principais categorias: eficiência (O SVC conseguiu processar até 27,27% mais unidades por hora que uma inspeção humana), precisão (praticamente zerou os erros humanos de identificação das falhas nas etiquetas), redução de custos operacionais (reduziu operadores humanos que eram dedicados a essa tarefa) e flexibilidade (pode ser integrado a outros setores da fábrica).

No geral, a classificação de falhas com CVS foi melhor em todos os indicadores avaliados (Tabela 2). No que se refere à qualidade, o CVS apresentou um erro de 0.3% na identificação de falhas de caracteres no QRCODE e código Anatel. Porém, isso é considerado aceitável, já que na inspeção manual, a fadiga dos operadores torna o desempenho muito mais baixo e o índice de falhas em 3%.

Na avaliação econômica, constatou-se que, em apenas 1 mês após a implementação, o sistema já se pagou, ao deixar de retrabalhar 5 lotes em um mês, pois a economia foi maior que a do custo total do sistema instalado, indicando que o investimento na implementação do CVS foi lucrativo para a fábrica. Esses resultados destacam a melhoria do processo que resultou na redução de 3 operadores na linha de produção.

Tabela 2. Comparativo entre inspeção manual e SVC.

Indicadores	Com Inspeção Manual	Com SVC
% Erros	3	0.3
Capacidade da linha UPH	1100	1400
Operadores	4	1

Outra vantagem é o tamanho compacto do SVC que pode ser acoplado na linha de produção sem alterações significativas no layout da linha de produção (Figura 4).

Fig. 4. Interface do usuário do SVC em LabVIEW.



V. CONCLUSÃO

O presente trabalho utilizando um CVS em LabView para a inspeção de etiquetas em carregadores de celular em uma linha de produção industrial demonstrou ser uma solução eficaz em diversos aspectos críticos do processo de fabricação. Este projeto conseguiu atingir os objetivos propostos, resultando em melhorias significativas na eficiência, precisão e redução de custos operacionais. O SVC teve uma taxa de erro 10 vezes menor em comparação com a inspeção humana, aumentou em 27% a capacidade de produção por hora, eliminou os lotes reprovados por falta de etiqueta Anatel tanto na fábrica quanto no campo, reduziu custos com mão de obra. E o custo total de implementação foi menor que o custo dos lotes reprovados em apenas um mês de produção. Sendo assim, o CVS provou ser vantajoso para a fábrica, tanto que a diretoria autorizou a o desenvolvimento e instalação de mais 2 CVS para outras linhas de produção.

REFERÊNCIAS

- [1] Rong, Dian; Xie, Lijuan; Ying, Yibin (2019). Computer vision detection of foreign objects in walnuts using deep learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 1001-1010, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.05.019>.
- [2] Chen, Chen; Zhang, Ning; Nie, Zhe; Yuan, Kan; Liang, Xiaoyue (2024). Computerized image analysis in manufacturing industry anomaly detection using artificial intelligence techniques. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-10, <https://doi.org/10.1007/s00170-024-13124-7>.
- [3] Negrei, Bogdan; Duma, Virgil-Florin (2023). Utilizing machine learning and AI algorithms for inspection of airbags manufacturing processes. *SPIE-Intl Soc Optical Eng*, Vol. 12624, 126240N, doi: 10.1117/12.2675893.
- [4] Machado, Edicley Vander; Cristovam, Priscila Cardoso; de Freitas, Denise; Gomes, José Álvaro Pereira; Santos, Vagner Rogério dos, (2019). *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 82, 51-55, <http://dx.doi.org/10.5935/0004-2749.20190010>.
- [5] De Assunção, Weaver Bruno Moreira; De Deus, Ricardo Jorge Amorim, (2022). O Uso de Recursos Naturais e os Impactos no Meio Ambiente: Revisão Sistemática. *Revista Ouricuri*, v. 12, n. 2, p. 1-21, <http://www.revistas.uneb.br/index.php/ouricuri>.
- [6] Wei, Li; Solihin, Mahmud Iwan; Astuti, Winda; Hong, Lim Wei; Kit, Ang Chun (2024). Surface Defects Detection of Cylindrical High-Precision Industrial Parts Based on Deep Learning Algorithms: A Review. *Operations Research Forum*, 5-3, <https://doi.org/10.1007/s43069-024-00337-5>.

- [7] Meeradevi, T; Sasikala, S, (2024). Automatic fabric defect detection in textile images using a labview based multiclass classification approach, *Multimedia Tools and Applications*, 83, 65753-65772, <https://doi.org/10.1007/s11042-023-18087-7>.
- [8] Ahmad, Hafiz Mughees; Rahimi, Afshin. Deep learning methods for object detection in smart manufacturing: A survey. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 64, p. 181-196, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.06.011>.
- [9] Wang, Hao; Salunkhe, Omkar; Quadrini, Walter; Lämkuil, Dan; Ore, Fredrik; Despeisse, Mélanie; Fumagalli, Luca; Stahre, Johan; Johansson, Björn, (2024). A systematic literature review of computer vision applications in robotized wire harness assembly, *Advanced Engineering Informatics*, 62, <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102596>.
- [10] Hu, Yue; Wang, Tianhu; Chen, Tianyu; Song, Naiping; Yao, Keming; Luo, Yinsheng, (2020). *Optik - International Journal for Light and Electron Optics* 200 (2020) 163411, <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.163411>.