

Capítulo III – Inteligência Artificial integrada na aplicação de cola em um processo de fabricação de peças de elevadores

Alefe Bativa dos Santos ²¹
 Gabriel Silva de Souza ²²
 Magno Margonar ²³
 Miqueias Emanuel da Silva ²⁴
 Antônio Carlos Rodrigues ²⁵
 Daniel Almeida Colombo ²⁶
 Camila Fogaça De Oliveira ²⁷

RESUMO

A pesquisa foi conduzida e desenvolvida com o propósito de implementar um sistema de visão utilizando Inteligência Artificial em conjunto com uma máquina CNC, a fim de realizar a aplicação de adesivo em painéis metálicos de diversos tamanhos empregados na produção de elevadores. A programação desse conjunto tem como finalidade detectar e identificar as imagens e as posições dos painéis, localizando o ponto de referência para dar início à aplicação do adesivo, resultando em um sistema automatizado. Durante os testes realizados em colaboração com a empresa Keyence, a capacidade de capturar a imagem para fins de localização pôde ser observada. Esse processo reduz o tempo necessário para aplicar o adesivo, minimiza o desperdício de material, diminui os custos operacionais e proporciona uma maior confiabilidade ao processo.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Elevadores. Automação. Indústria 4.0.

Artificial Intelligence integrated into the glue application in an elevator parts manufacturing process.

ABSTRACT

The research was conducted and developed with the aim of utilizing an Artificial Intelligence-powered vision system in conjunction with a CNC machine to apply adhesive to metal panels of varying sizes used in elevator manufacturing. The

²¹ Graduando em Engenharia Mecânica da UniSenai Londrina, alefe_bativa@hotmail.com

²² Graduando em Engenharia Mecânica da UniSenai Londrina, gs831325@gmail.com

²³ Graduando em Engenharia Mecânica da UniSenai Londrina, magno@rivesa.com.br

²⁴ Doutor em Engenharia Mecânica da UniSenai Londrina, rodolfo.hildebrandt@sistemafiep.org.br

²⁵ Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. Email: antonio.rodrigues1@sistemafiep.org.br

²⁶ Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. Email: daniel.colombo@sistemafiep.org.br

²⁷ Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. Email: camila.oliveira@sistemafiep.org.br

programming of this system is designed to capture and recognize images and panel positions, identifying the reference point to initiate adhesive application, thereby automating the process. During tests carried out in collaboration with Keyence, it was possible to observe image capture for localization purposes. This process reduces adhesive application time, minimizes material waste, lowers operational costs, and enhances process reliability.

Key words: Artificial intelligence. Elevators. Automation. Industry 4.0

1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial é uma das tecnologias mais empolgantes e disruptivas do nosso tempo, capaz de mudar a maneira como fazemos negócios e vivemos nossas vidas. Com a capacidade de processar grande volume de dados e aprender com eles, a Inteligência Artificial é amplamente utilizada em diversas áreas, incluindo a fabricação e construção de elevadores prediais.

Os elevadores são elementos cruciais nos edifícios modernos, permitindo o acesso a diferentes andares e tornando os espaços interiores mais eficientes. No entanto, a fabricação desses equipamentos é um processo que envolve várias particularidades, desde o design até a instalação e manutenção.

Através da Inteligência Artificial, os fabricantes de elevadores podem automatizar diversas etapas do processo de fabricação, o que inclui o monitoramento da qualidade do material e a garantia de que as peças sejam fabricadas de forma correta. Essas capacidades permitem que as empresas produtoras desenvolvam elevadores com maior segurança, eficiência e confiabilidade, ao mesmo tempo em que reduzem o tempo e os custos de produção.

O CNC (Controle Numérico Computadorizado) é um sistema de controle utilizado na automação de máquinas e equipamentos, especialmente na indústria de fabricação. Ele é amplamente utilizado em processos de usinagem, como corte, fresagem, perfuração e torneamento.

No sistema CNC, o controle é realizado por meio de um computador, que interpreta e executa instruções programadas para movimentar as ferramentas de acordo com as especificações desejadas. Essas instruções são geralmente escritas em uma linguagem especializada chamada G-code, que consiste em comandos numéricos que representam coordenadas e movimentos precisos.

A principal vantagem do uso de sistemas CNC é a automação e precisão

alcançada nos processos de fabricação. Com o CNC, é possível produzir peças complexas e precisas de forma repetitiva, eliminando erro humano e aumentando a eficiência da produção.

Além disso, os sistemas CNC oferecem recursos avançados, como a capacidade de criar trajetórias complexas, ajustar velocidades de corte e alimentação, utilizar múltiplas ferramentas e realizar operações em várias dimensões.

Existem diferentes tipos de máquinas com sistema CNC, como tornos, centros de usinagem, máquinas de corte a laser, entre outros; cada um adequado a diferentes processos de fabricação.

Pode-se afirmar que o CNC revolucionou a indústria de fabricação, proporcionando maior precisão, eficiência e automação nos processos de usinagem. Ele desempenha um papel fundamental na produção de peças e componentes utilizados em uma ampla variedade de setores, desde a indústria automotiva e aeroespacial até a fabricação de dispositivos eletrônicos e produtos de consumo.

Neste contexto, o presente trabalho aborda como a Inteligência Artificial e o CNC estão integrados no processo de fabricação de elevadores prediais. Além disso, serão apresentados as tendências emergentes e os desafios que a indústria de elevadores enfrenta em sua implementação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Inteligência Artificial

A IA é um campo da computação universal que se dedica a transformar sistemas capazes de executar trabalhos que, exigiriam a inteligência dos seres humana. Inspirada na capacidade de aprendizado e tomar decisões de forma correta, ela busca desenvolver máquinas e algoritmos que possam perceber, compreender, raciocinar e agir de forma autônoma. Segundo Russell e Norvig (2010, p. 2), a "inteligência artificial (I.A) tem como objetivo estudar agentes inteligentes – qualquer dispositivo que percebe seu ambiente e toma medidas que maximizam suas chances de sucesso em algum objetivo".

Os avanços recentes na tecnologia e o crescente poder de processamento dos computadores permitiram o surgimento de sistemas cada vez mais sofisticados e eficientes. Esses sistemas são capazes de analisar grandes quantidades de dados,

identificar padrões, reconhecer objetos, entender linguagem natural e até mesmo aprender com experiências passadas.

Uma das principais abordagens desta tecnologia está na capacidade de aprender novos comandos conhecido como “*machine learning*”, consiste no desenvolvimento de algoritmos e modelos capazes de aprender a partir dos dados, sem a necessidade de programação explícita. Por meio do treinamento com conjuntos de dados, os modelos de *machine learning* podem identificar correlações, fazer relações e iniciar decisões baseadas em padrões identificados. O *machine learning* se preocupa com o desenvolvimento de alguns algoritmos e modelos estatísticos similares aos que computadores usam para desempenhar uma tarefa sem serem explicitamente programados.

Outro campo importante na criação da linguagem é o *deep learning*, ou aprendizado profundo, que utiliza redes neurais artificiais de múltiplas camadas para aprender representações complexas dos dados. Essas redes são capazes de extrair características profundas na área das máquinas como fazer reconhecimento de imagem profundas, processamento de linguagem verbal e automóveis autônomos.

Para PACHECO e PEREIRA (2018, p.39):

"Deep Learning segue a linha das técnicas de Aprendizado de Máquina e Redes Neurais Artificiais, e vem sendo utilizado em diversas áreas de estudos como: Reconhecimento de imagens, de áudio, de caracteres e para o reconhecimento facial. Hoje, grandes corporações têm utilizado dessa técnica em seus projetos”.

A Inteligência Artificial tem sido aplicada em uma ampla variedade de setores. Na medicina, por exemplo, são utilizados para auxiliar no diagnóstico de doenças, identificar padrões em exames médicos e sugerir tratamentos personalizados. No campo da manufatura, permite a automação de processos, o monitoramento de qualidade e a previsão de falhas em equipamentos. Na área de finanças, é usada para análise de riscos, detecção de fraudes e otimização de investimentos.

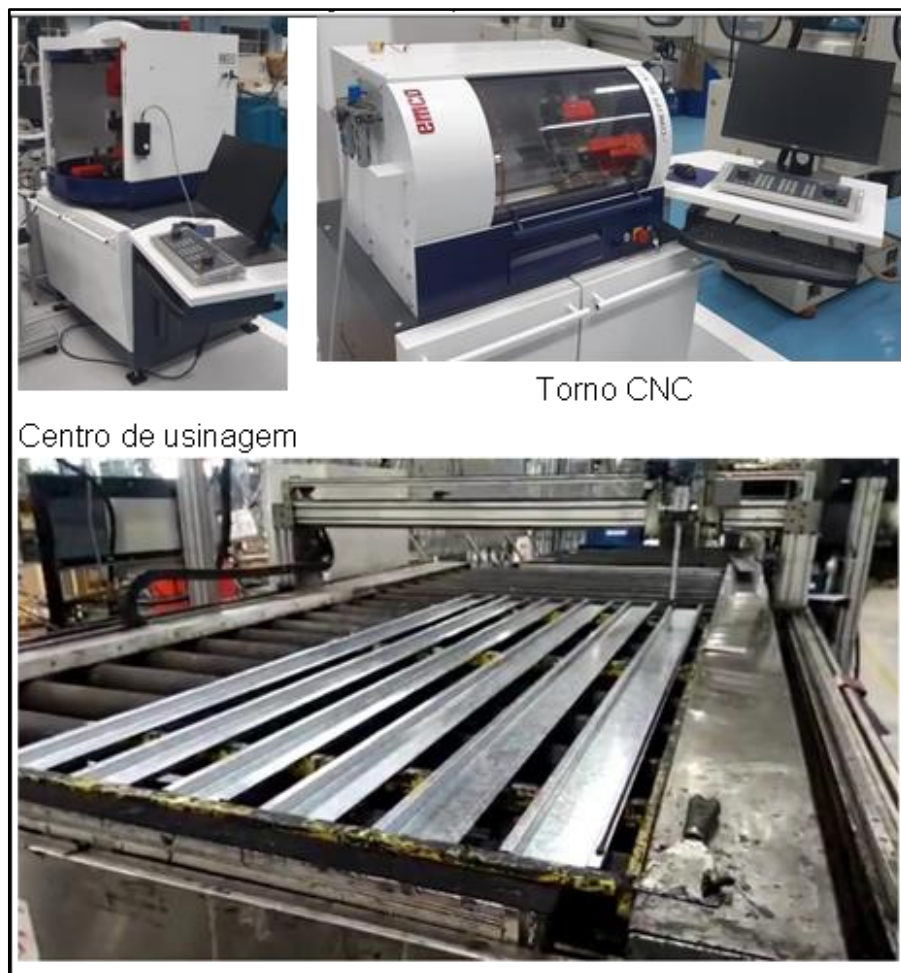
Apesar dos inúmeros benefícios proporcionados por essa tecnologia, também surgem questões éticas e preocupações sobre o impacto no mercado de trabalho e na privacidade dos dados. É fundamental que sejam estabelecidos padrões de segurança e governança para garantir o uso responsável e ético.

Mencionamos várias interações com o mundo melhor ao nosso redor, promovendo um futuro cada vez mais inteligente e conectado.

2.2 CNC

As máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado) são equipamentos essenciais na indústria moderna, oferecendo precisão, versatilidade e eficiência na fabricação de peças e componentes. Alguns exemplos de máquinas CNC são apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Exemplos de máquinas CNC.



Centro de usinagem

Torno CNC

Fonte: Elaborado pelos autores

Essas máquinas combinam a tecnologia de automação computadorizada com a habilidade artesanal de diversos processos, proporcionando resultados de alta qualidade. De acordo com Groover e Weiss (2010, p. 698), "um sistema de

programação CNC é um conjunto de instruções codificadas em um formato legível por máquina, capaz de controlar a operação de uma máquina-ferramenta CNC".

O funcionamento das máquinas CNC é baseado em um sistema de controle por computador, no qual um programa é desenvolvido e executado para guiar o movimento dos eixos da máquina (Figura 2).

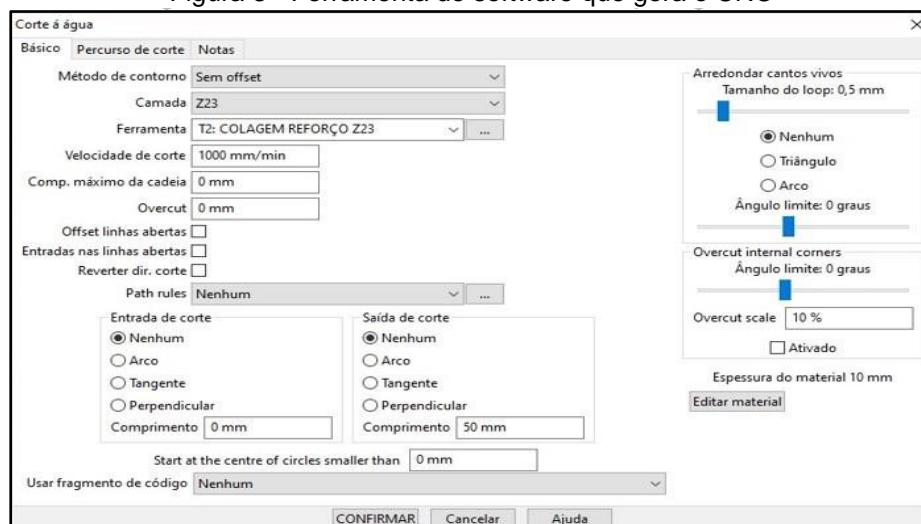
Figura 2 – Exemplo de programa CNC

```
N000 G00 Z-70.00
N010 G00
N020 G00 X30.00 Y26.70
N030 G00 Z-64.00
N040 G00
N050 M08
N060 G01 X2116.00
N070 M24
N080 G01 X2136.00
N090 G00 Z-70.00
N100 G00 X2086.00
N110 G00 Y157.70
N111 G00 X2116.00
N120 G00 Z-64.00
N130 G00
N140 M08
N150 G01 X40.00
N160 M24
N170 G01 X30.00
```

Fonte: Elaborado pelos autores

O programa CNC é criado através de um software especializado que permite a definição de instruções precisas para a usinagem, como coordenadas, trajetórias de corte e parâmetros de velocidade. O software CNC desempenha um papel crucial na programação e operação das máquinas (Figura 3).

Figura 3 - Ferramenta de software que gera o CNC

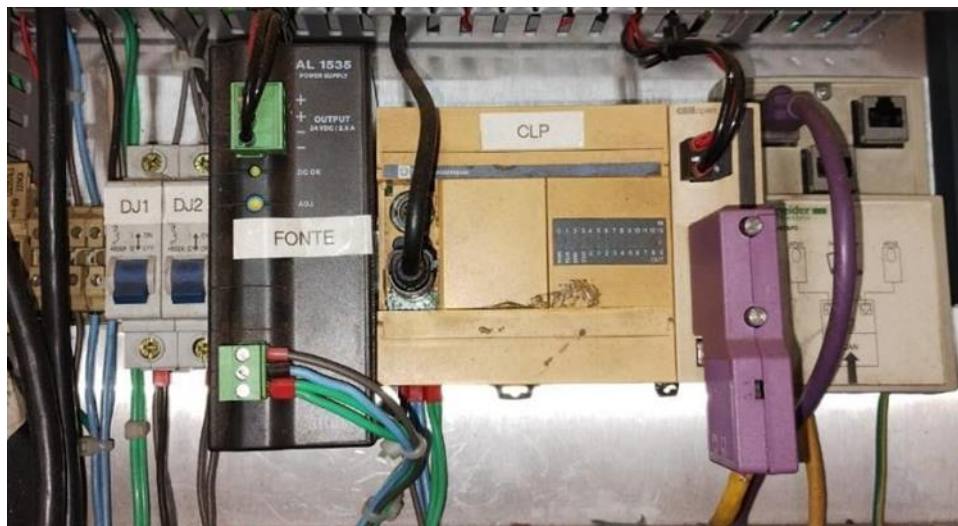


Fonte: Elaborado pelos autores

A utilização de software permite que os operadores ou programadores criem programas personalizados, definindo as especificações da peça a ser usinada e os movimentos necessários para obter o resultado desejado. Com interfaces intuitivas e recursos avançados, o software facilita a criação e edição dos programas, além de oferecer recursos de simulação virtual para verificar o funcionamento antes da produção física

Outro componente importante na automação industrial é o Controlador Lógico Programável (CLP). O CLP é um dispositivo eletrônico que controla processos industriais, executando funções lógicas e acionando dispositivos de saída com base nas condições das entradas (Figura 4). Esses controladores são compostos por hardware e software específicos.

Figura 4 – C.L.P (controlador logico programável)



Fonte: Elaboradas pelos autores (2023)

Para Petruzella (2014, p. 34), "o hardware de um CLP consiste em:

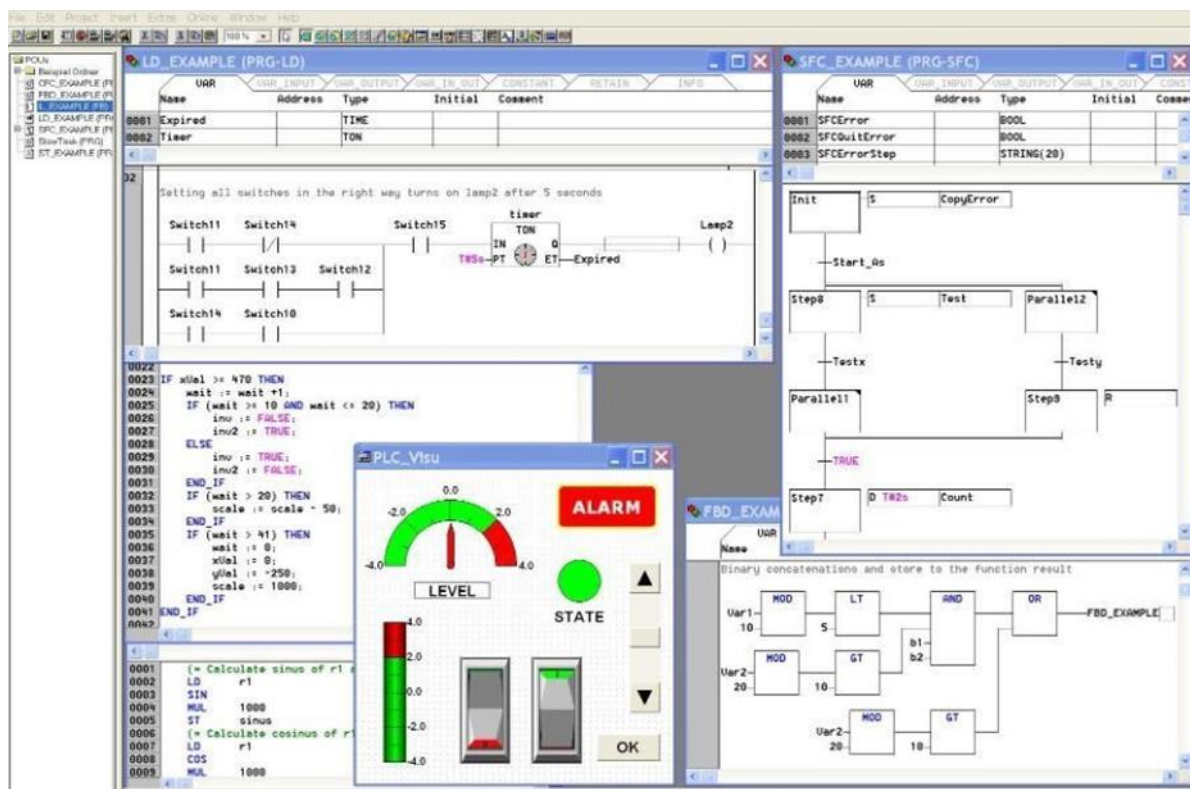
[...] "uma unidade central de processamento, memória de programa e dados, módulos de entrada e saída, e uma fonte de alimentação. O software de um CLP inclui um programa desenvolvido pelo usuário para controlar uma máquina ou processo específico".

O hardware do CLP inclui uma unidade central de processamento (CPU) responsável pela execução das instruções, memória de programa e dados para armazenamento de informações e programas, módulos de entrada para receber sinais

de sensores e dispositivos externos, módulos de saída para acionar atuadores e uma fonte de alimentação para fornecer energia ao sistema.

O software do CLP é composto pelo programa desenvolvido pelo usuário, conhecido como ladder diagram, que define a lógica de controle e as sequências de operação (Figura 5). O software permite que os operadores ou engenheiros programem as funcionalidades específicas do CLP, como temporizações, contagens, lógica booleana e comunicação com outros dispositivos. Com as ferramentas de programação adequadas, é possível criar sistemas de controle altamente personalizados e adaptados às necessidades específicas de cada processo industrial.

Figura 5 – Software do CLP



Fonte: Elaborada pelos autores (2023)

Tanto o hardware quanto o software do CLP desempenham um papel fundamental na automação industrial, permitindo o controle preciso e confiável de processos. Os CLPs são amplamente utilizados em diversas áreas, como manufatura, automação de fábricas, sistemas de controle de tráfego, controle de máquinas e processos industriais complexos.

Em suma, as máquinas CNC e os CLPs são peças-chave na automação industrial. As máquinas CNC proporcionam precisão e versatilidade na usinagem de peças, enquanto os CLPs oferecem controle e automação confiáveis em diversos processos industriais. Combinados, esses sistemas impulsionam a eficiência, a qualidade e a produtividade na indústria moderna.

3 METODOLOGIA

Conforme mencionado, o objetivo deste trabalho é a implementação do sistema de visão para a aplicação de adesivo (cola) nos painéis dos elevadores produzidos pela empresa Atlas Schindler. Para tanto, foram realizados pedidos de apresentações e cotações para empresas de automação e sistemas de visão.

Foi solicitado às empresas de automação e sistemas de visão que fornecessem apresentações e cotações de seus sistemas de visão para a aplicação de cola nos painéis dos elevadores. As apresentações e cotações foram recebidas e analisadas para determinar quais sistemas seriam mais adequados para a aplicação em questão.

Também foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre Inteligência Artificial, Deep Learning, Machine Learning, programação CNC, hardware e software de CLP e sistemas de visão. Essa pesquisa teve como objetivo identificar as tecnologias mais recentes e relevantes que poderiam ser utilizadas para melhorar o processo de aplicação de cola nos painéis dos elevadores.

Além disso, foi realizada uma pesquisa interdisciplinar com acadêmicos do curso de engenharia de software da UniSENAI/PR campus Londrina/PR para identificar possíveis opções de software a serem desenvolvidos para otimizar o processo de aplicação de cola nos painéis. Em paralelo realizou-se mentorias com professores para discutir e avaliar possíveis soluções, assim como simulações com um braço robótico no laboratório da UniSENAI/PR para validação do método.

As apresentações e cotações recebidas foram analisadas com base em critérios específicos, como custo, desempenho e facilidade de integração com os processos já existentes na empresa Atlas Schindler. Os resultados da pesquisa bibliográfica, da pesquisa interdisciplinar e das mentorias com professores foram analisados para identificar as soluções mais promissoras.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O quadro 1 apresenta a lista de equipamentos padrão básicos utilizados para adoção da solução.

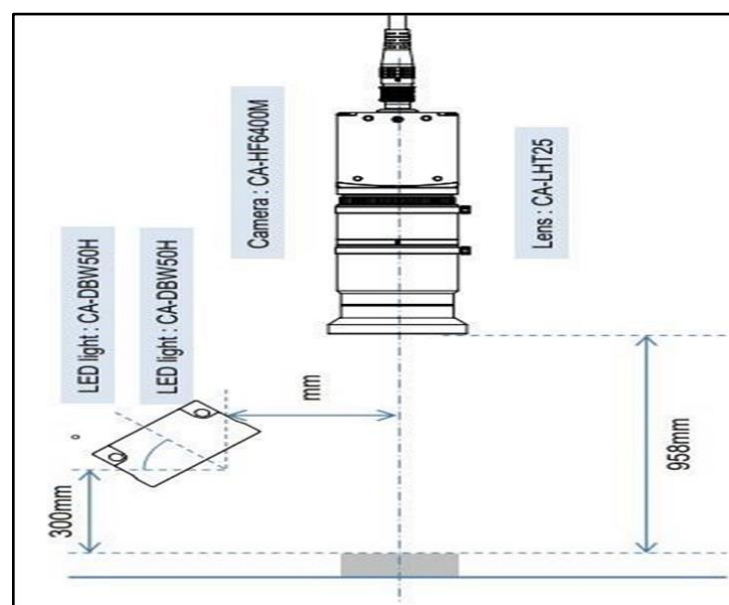
Quadro 1 – Lista de produtos

Descrição	Item	Qtd
Controller	CV-X490F	1
Camera expansion unit	CA-E200	1
Camera	CA-HF6400M	1
Lens	CA-LHT25	1
Camera cable	CA-CF10	1
LED light	CA-DBW50H	2
LED light expansion unit	CA-DC40E	2
Cable for LED light	CA-D10R	4
Industrial SD card	CA-SD16G	1

Fonte: Elaboradas pelos autores

A Figura 6 apresenta a configuração básica da estrutura do sistema de visão para aplicação automatizada de cola nos painéis.

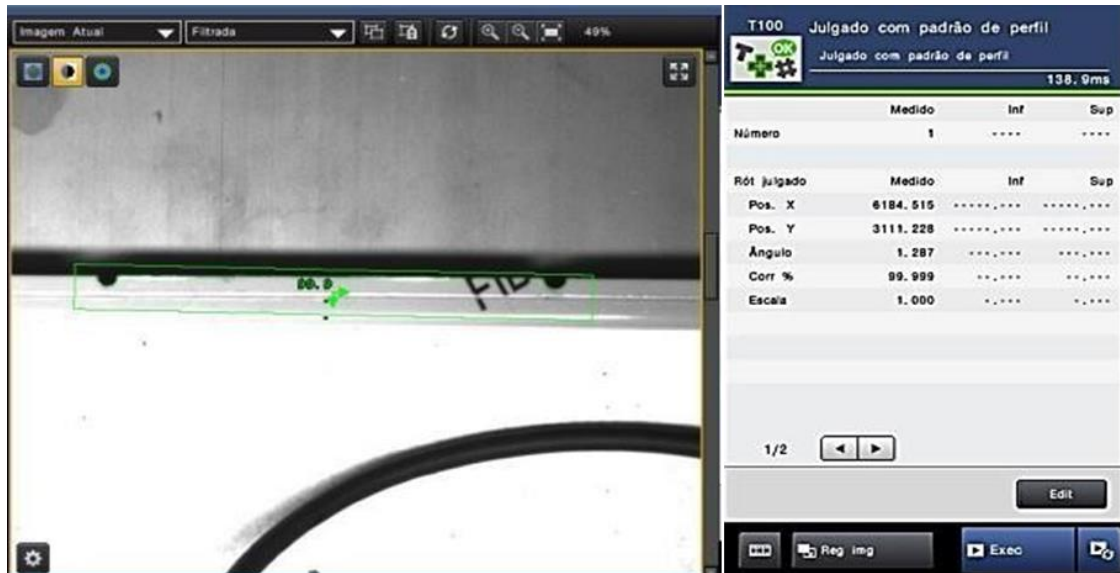
Figura 6 – Configuração de hardware



Fonte: Elaboradas pelos autores

A Figura 7 apresenta o sistema de visão apresentado pela empresa Keyence fazendo a identificação do perfil de um painel e os parâmetros de localização correlacionados pelos valores de coordenadas.

Figura 7 -Software da Keyence

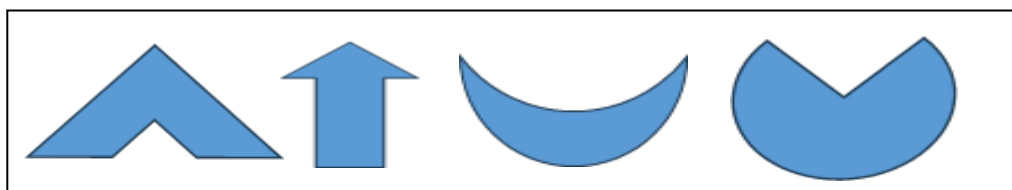


Fonte: Elaboradas pelos autores

Com base na análise dos dados obtidos pelas demonstrações, foram identificados os sistemas de visão mais adequados para a aplicação de cola nos painéis dos elevadores. Também foram propostas soluções de software que poderiam ser desenvolvidas para melhorar o processo de aplicação de cola.

Os testes realizados com a empresa Keyence, apresentaram resultados satisfatórios no que se refere à qualidade de captação da imagem e iluminação, que são parâmetros fundamentais para a identificação da chapa e dos formatos que remetem uma referência para o sentido da passagem da cola, conforme exemplo apresentado na figura 8.

Figura 8 – Exemplos de formatos



Fonte: Elaboradas pelos autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a ampla aplicação da Inteligência Artificial e o conhecimento adquirido neste projeto, foi possível identificar a viabilidade de estender esse conceito a outras áreas da Indústria Atlas Schindler, bem como a outros setores. A análise realizada revelou que o custo-benefício atendeu às expectativas, e estima-se que o investimento seja recuperado em aproximadamente três anos. Além disso, este estudo identificou diversas outras vantagens, como aprimoramento da qualidade do processo, otimização do tempo de produção, maior disponibilidade operacional e redução dos custos operacionais, fatores que despertam o interesse das empresas do setor em adotar esse projeto.

REFERÊNCIAS

GROOVER, M. **Automação Industrial e Sistemas de Manufatura. 3 ed.** São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2011.

PACHECO, C. A. R.; PEREIRA, N.S. **Deep Learning Conceitos e Utilização nas Diversas Áreas do Conhecimento.** Revista Ada Lovelace, [S. l.], v. 2, p. 34–49, 2018. Disponível em: <http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/adalovelace/article/view/4132>. Acesso em: 30 mai. 2023.

PETRUZELLA, Frank. **Controladores Lógico-Programáveis. 4.ed.** São Paulo, AMGH, 2014.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Intelligence artificielle: Avec plus de 500 exercices.** Paris: Pearson Education France, 2010.