

MANNABELT: UMA ABORDAGEM PRÁTICA PARA SEPARAÇÃO AUTOMATIZADA POR COR COM MICROCONTROLADORES E SENSORES

Emanuel Moliani Sobreira Moraes (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Linnyer Beatrys Ruiz Aylon (Orientadora). E-Mail: ra125469@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Engenharias / Engenharia Mecânica – Controle de Sistemas Mecânicos

Palavras-chave: Microcontrolador, Automação, Internet das Coisas (IoT)

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de esteira automatizada, denominado Mannabelt, voltado à separação de objetos por cor. A proposta consiste em uma solução de baixo custo, com aplicação em contextos didáticos e industriais de pequena escala, utilizando conceitos de automação e Internet das Coisas (IoT). O sistema é composto por um microcontrolador Arduino UNO, sensor de cor RGB TCS34725, motor de passo para acionamento da esteira e servomotores responsáveis pela separação física dos objetos. A lógica de controle embarcada interpreta os sinais do sensor e executa as ações dos atuadores conforme a cor detectada. Testes realizados em ambiente com iluminação controlada indicaram desempenho satisfatório, com capacidade de processamento de até 600 objetos por hora. No entanto, observou-se sensibilidade do sistema a variações na intensidade luminosa, o que pode comprometer a assertividade da classificação em cenários não controlados. Como melhorias futuras, são propostas a implementação de calibração dinâmica, iluminação dedicada e a incorporação de visão computacional com inteligência artificial para ampliar a robustez e a aplicabilidade do sistema. O Mannabelt demonstrou ser uma plataforma promissora para experimentação prática em automação e triagem baseada em sensores.

INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 tem catalisado a modernização de processos produtivos, em que a automação e a Internet das Coisas (IoT) tornam-se os pilares para aumento da eficiência. Nesse âmbito, a IoT surge como uma tecnologia habilitadora, permitindo o monitoramento contínuo e a otimização de processos através de sensores, atuadores e controladores, o que resulta em ganhos expressivos de produtividade (TRESA et al., 2021). Um dos desafios recorrentes em setores alimentícios e manufatureiros é a classificação de itens com base em características físicas, especialmente a cor (MYO; SOE, 2019). A triagem manual, além de ser lenta, é um processo propenso a falhas devido à fadiga humana, gera inconsistências que impactam a qualidade final do produto e a eficiência da linha de produção (MIA et al., 2020; MYO; SOE, 2019; SHRAVANI; INDIRA; APPALARAJU, 2019). A

automação dessa tarefa, não apenas mitiga esses problemas, mas também libera a mão de obra para atividades com maior valor agregado. Nesse cenário, este trabalho analisa o desenvolvimento do protótipo Mannabelt, uma esteira seletora projetada para automatizar a separação de objetos por cor. O objetivo é validar uma solução de baixo custo e alta precisão, integrando componentes eletrônicos acessíveis e uma lógica de controle robusta. O sistema também foi concebido como uma plataforma didática para o ensino prático de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, como automação, controle e sensoriamento de processos, democratizando o acesso a esses conceitos fundamentais.

MATERIAIS E MÉTODOS

O protótipo Mannabelt foi construído a partir da integração de subsistemas mecânicos e eletrônicos, conforme ilustrado na Figura 1.

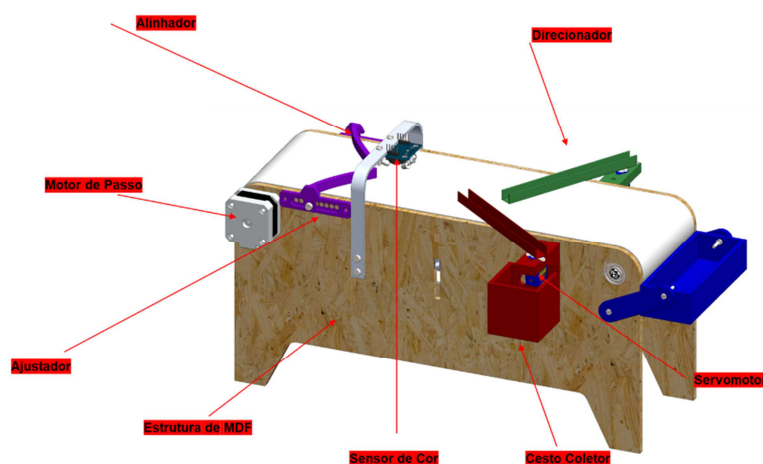


Figura 1 - Vista geral do protótipo Mannabelt

A metodologia adotada focou na precisão na detecção e otimização da separação dos objetos. A base estrutural foi construída em MDF, material de fácil usinagem. O transportador de itens de acionamento contínuo é feito através de um motor de passo Nema 17HS4401, componente eletromecânico que assegura movimentos precisos e controle exato da velocidade. Para a modulação da corrente e o controle do motor, emprega-se o driver DRV8825, que se destaca pela alta resolução de micropassos. Para a identificação dos objetos, utiliza-se o sensor de cor RGB TCS34725, dispositivo que capta os componentes do espectro vermelho, verde e azul da luz refletida. Este sensor, que opera projetando luz e detectando a reflexão através de uma malha de filtros que minimiza as interferências da captação de cor. A comunicação com o microcontrolador Arduino é realizada por meio do protocolo I²C, simplificando a conexão e o controle.

Os itens são direcionados ao campo de detecção por dois canais centralizados ajustáveis, fabricados em PLA por manufatura aditiva, que alinham os objetos para assegurar precisão na leitura. A etapa de separação é realizada por dois

servomotores 9G SG90, atuadores que recebem sinais PWM para um controle preciso de posição, direcionando o objeto de acordo com a cor identificada. O microcontrolador Arduino UNO atua como a unidade central de processamento, onde um algoritmo embarcado interpreta os sinais fornecidos pelo sensor e executa, de forma determinística, os comandos aos atuadores conforme o fluxograma da Figura 2.

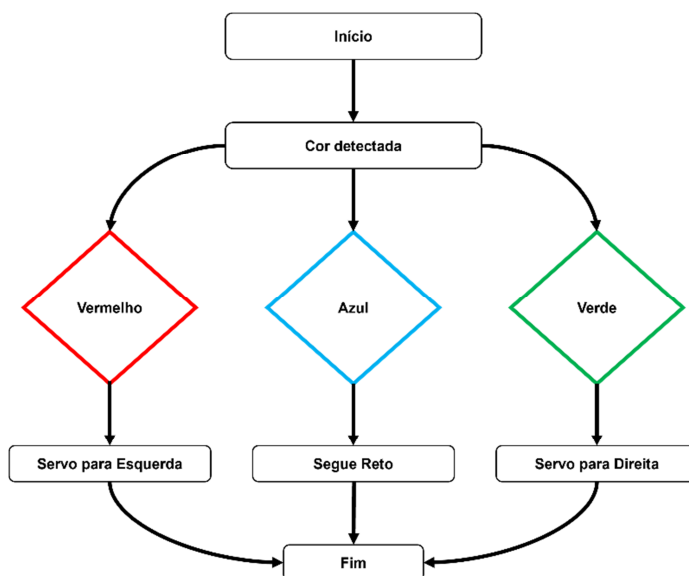


Figura 2 - Fluxograma da Lógica de Classificação Cromática do Protótipo Mannabelt

Essa figura resume a lógica de controle implementada no firmware do microcontrolador Arduino UNO. Para cada cor primária (RGB) identificada pelo sensor, o algoritmo executa uma rotina predeterminada, comandando o atuador específico para realizar a separação física do objeto de forma determinística e precisa. Esse sistema de controle garante uma separação com elevada precisão, visando a otimização operacional e a redução de inconsistências, podendo processar aproximadamente 10 objetos por minuto, o que totaliza 600 objetos por hora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação do protótipo Mannabelt: Esteira Separadora utilizando Sensor de Fotodiodos demonstrou a viabilidade da automação na triagem cromática, alinhando-se aos objetivos de aumentar a eficiência e reduzir inconsistências na separação de objetos. O sistema, composto por componentes mecânicos e eletrônicos de baixo custo, apresentou bom desempenho operacional em condições controladas de iluminação, com capacidade de processar aproximadamente 10 objetos por minuto (cerca de 600 por hora). Durante os testes, observou-se que a resposta do sensor é sensível a variações na intensidade luminosa e a diferenças sutis entre tons similares, o que pode comprometer a assertividade da separação em

ambientes com luz ambiente variável. Em alguns casos, objetos de coloração próxima (como tons intermediários de vermelho e verde) foram interpretados incorretamente como azul. Como propostas de melhoria, destacam-se: a implementação de uma calibração dinâmica do sensor, o uso de uma fonte de iluminação dedicada e a integração com microcontroladores dotados de conectividade Wi-Fi. Além disso, avalia-se a aplicação de visão computacional com câmeras e algoritmos de inteligência artificial para aumentar a robustez do sistema, permitindo a identificação de múltiplas características (cor, forma, tamanho e profundidade). A incorporação de sensores de presença também pode contribuir para a sincronização dos atuadores e melhor eficiência global do sistema. Tais aprimoramentos visam tornar o protótipo mais versátil, robusto e aplicável em contextos industriais e educacionais diversos.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento da esteira seletora utilizando Arduino UNO e sensores de fotodiodos demonstrou ser uma solução viável e funcional para a automação da separação de objetos por cor em aplicações de baixo custo. A integração dos canalizadores ajustáveis e a lógica de controle dos servomotores contribuíram para o desempenho consistente do sistema em condições de teste controladas. No entanto, desafios como a sensibilidade à iluminação externa ainda limitam sua aplicação em ambientes mais dinâmicos. A implementação de um sistema de calibração automática ou o uso de uma fonte de iluminação dedicada são melhorias propostas para aumentar a confiabilidade do equipamento. Adicionalmente, aprimoramentos na estrutura física e no processamento dos dados podem expandir a aplicabilidade do sistema em cenários industriais e educacionais, tornando-o mais robusto e adaptável a diferentes exigências operacionais.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Ecosystema Manna Team, Fundação Araucária para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) do Brasil.

REFERÊNCIAS

- BABU, K. M. C.; VARDHINI, P. A. H. **Design and Development of Cost-Effective Arduino-based Object Sorting System**. [S. l.: s.n.], 2020. Acesso em: 7 ago. 2025.
- MIA, MD. B. et al. **Design and Fabrication of Automatic Color Sorting Conveying Mechanism**. [S. l.: s.n.], 2020. Acesso em: 7 ago. 2025.
- MYO, A. M. M.; SOE, Z. C. **Automatic Color Sorting Machine Using Arduino Mega Microcontroller**. International Journal of Latest Technology in Engineering, [S. l.], 2019. Disponível em: <www.ijltemas.in>. Acesso em: 7 ago. 2025.

SHRAVANI, C.; INDIRA, G.; APPALARAJU, V. **Arduino based color sorting machine using TCS3200 color sensor**. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, v. 8, n. 6, p. 1259–1261, 1 abr. 2019.

TRESA, M. et al. **A Study on Internet of Things: Overview, Automation, Wireless Technology, Robotics**. [S. l.: s.n.], 2021. Disponível em: <http://annalsofrscb.ro6546>. Acesso em: Acesso em: 7 ago. 2025.