

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

**CARLOS GABRIEL PLACEDINO
JOÃO RICARDO FELICIANO**

**DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE UM SEPARADOR AUTOMÁTICO
DE BALAS POR COR**

**Poços de Caldas/MG
2021**

CARLOS GABRIEL PLACEDINO
JOÃO RICARDO FELICIANO

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE UM SEPARADOR AUTOMÁTICO
DE BALAS POR COR

Trabalho de conclusão de curso
apresentada como parte dos requisitos
para obtenção do título de Graduação em
Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e
Tecnologia pela Universidade Federal de
Alfenas.

Orientador: Prof. Dr. Laos Alexandre
Hirano

Poços de Caldas/MG
2021

CARLOS GABRIEL PLACEDINO
JOÃO RICARDO FELICIANO

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE UM SEPARADOR AUTOMÁTICO
DE BALAS POR COR

Trabalho de conclusão de curso
apresentada como parte dos requisitos
para obtenção do título de Graduação em
Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e
Tecnologia pela Universidade Federal de
Alfenas.

Prof. Dr. Laos Alexandre Hirano
Presidente da Banca - Orientador

Prof. Dr. Marlus Pinheiro Rolemberg
Membro

Prof. Dr. Luiz Felipe Ramos Turci
Membro

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus que fez com que nossos objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de estudos.

Ao Professor Laos Alexandre Hirano, por ter sido nosso orientador e por ter desempenhado esta função com dedicação e amizade.

A Universidade Federal de Alfenas, pelas correções e ensinamentos que nos permitiram apresentar um melhor desempenho em nosso processo de formação profissional ao longo do curso.

Aos nossos familiares pelo amor, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos.

Dedicamos este trabalho a todos que contribuíram direta ou indiretamente em nossa formação acadêmica. A todos nosso muito obrigado!

RESUMO

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de uma plataforma separadora de balas, com o uso de um sensor de baixo custo, sendo o escolhido o TCS230. Esta plataforma possui uma rampa robótica acionada por Arduino que direciona os objetos aos locais definidos por sua cor. Este trabalho traz uma breve revisão sobre reflexões da luz sobre objetos coloridos, o sistema de cores rgb e cmyk, e o funcionamento do sensor TCS230. Um estudo para investigar a influência da distância entre o sensor e as amostras e a influência da cor do fundo da porta amostra foram realizados. O protótipo após montado obteve um ótimo resultado de separação, obtendo um acerto de 100% para as cores amarelo, azul e verde e de 80% e 87,67% respectivamente para as cores marrom e vermelho, experimento executado sobre as condições ideais analisadas, com uma distância de 1 e 2 centímetros e com a cor do interior preto fosco.

Palavras-chave: Separação por cor, TCS230, servomotor.

ABSTRACT

The present work describes the development of a bullet separator platform, with the use of a low cost sensor, being the chosen TCS230. This platform has a robotic ramp driven by Arduino that directs objects to locations defined by their color. This work provides a brief review of light reflections on colored objects, the rgb and cmyk color system, and the functioning of the TCS230 sensor. A study to investigate the influence of the distance between the sensor and the samples and the influence of the background color of the sample holder was carried out. The prototype, after assembled, obtained an excellent separation result, obtaining a 100% accuracy for the colors yellow, blue and green and 80% and 87.67% respectively for the colors brown and red, an experiment performed under the ideal conditions analyzed, with a distance of 1 and 2 centimeters and with matte black interior color.

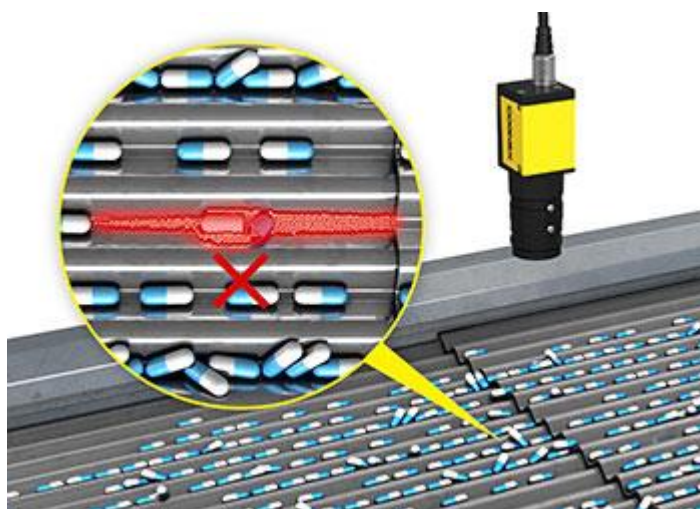
Keywords: Color Separation, TCS230, Servomotor.

1. INTRODUÇÃO

Na indústria, a automação de processos se tornou objeto de extrema importância, pois além de tornar o processo de produção mais ágil, reduz a mão de obra (QUEIROZ, 2017). Segundo Corsico (2014 apud QUEIROZ, 2017, p.15), mediante avanços técnico-científicos, um problema em destaque é o desenvolvimento de sistemas capazes de tomar decisões a partir de padrões de cores. De forma geral, estes sistemas possuem um sensor responsável por identificar e medir a intensidade de cores, uma unidade de controle para ler os valores produzidos pelo sensor e tomar decisões que acionam um conjunto de atuadores que alteram o meio.

Dentre as possíveis aplicações destes sistemas, a separação de objetos por padrões de cores apresenta impactos significativos na economia. A título de exemplo, o mercado cafeeiro investe em sistemas cada vez mais eficientes para separar seus grãos por padrões de cores. Outro exemplo pode ser apontado na indústria farmacêutica com sistemas para inspecionar seus produtos de tal forma que, sempre que detectado uma capsula ou comprimido com cores fora do padrão desejado, de forma automática, o corpo defeituoso é expulso da esteira de produção.

Figura 1: Máquina de Inspeção de Comprimidos e Pílulas



Fonte: Cognex (COGNEX, 2021)

A figura 1 ilustra esta tecnologia, sendo utilizada para identificação, distinção e classificação de cor em indústrias farmacêuticas, tal equipamento realiza a inspeção visual a fim de confirmar se os produtos atendem às especificações, como textura da superfície, cor, dimensão, verificando a ausência de defeitos superfície moldada ou impressa. A título de exemplo a figura 2 ilustra uma inspeção realizada por tal equipamento, onde é realizado a aprovação de um encapsulado por atender aos padrões e a reprovação de dois comprimidos por detecção de anomalias (COGNEX,2021).

Figura 2: Detecção de defeitos em comprimidos e pílulas



Fonte: Cognex (COGNEX, 2021)

Visto a necessidade da indústria na utilização de tal máquina para garantir a qualidade do seu produto e detectar qualquer diferença dos padrões, a inspeção de defeitos é uma das etapas mais críticas da linha de produção, pois, produtos que não atendam aos requisitos impactam no custo de produção, na qualidade final, na segurança do processo e por fim na satisfação do cliente (LONGUINHO, 2019).

Segundo Longuinho (2019) a identificação das características físicas de um objeto é uma etapa essencial no processo de identificação de defeitos em um sistema automatizado. Nos dias de hoje, com os avanços tecnológicos, existem várias maneiras de se coletar dados com as informações das características de um objeto, podendo ser desde a utilização de câmeras até o uso de sensores mais simples, essas ferramentas são capazes de coletar os dados e tratá-los, tornando possível o reconhecimento e identificação dos padrões.

No entanto, estes sistemas, pela sua complexidade e capacidade de executar processos repetitivos para atender a escala industrial possuem custos elevados. A título de exemplo, em uma indústria de alimentos localizada na região do Sul de

Minas, um sistema para identificar o padrão de cor de embalagens e apontar partes com padrões indesejados mostrou ter um custo aproximado de R\$80.000,00.

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um sistema para separar balas coloridas de baixo custo. O presente trabalho está estruturado da seguinte forma. Nas seções 2 abordamos o objetivo e objetivo específico da pesquisa, na seção 3 há uma revisão bibliográfica, com destaque ao sensor TCS230, na seção 4 os resultados mais significativos e as discussões em torno do potencial do sensor tcs230 como elemento identificador de cores, e um resumo de como funcionou o protótipo. Por fim, na seção 5, são listadas as principais contribuições deste trabalho.

2. OBJETIVO GERAL

Desenvolver um protótipo seletor de balas M&M, através do reconhecimento de cores utilizando o sensor TCS230.

2.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Estudar a influência do fundo com que o sensor tenha uma maior eficiência na identificação de cores;
- Estudar a influência da distância entre o sensor e o objeto alvo tenha uma maior eficiência na identificação de cores;
- Determinar calibração ótima para o sensor
- Construir e validar um protótipo separador de balas M&M por padrão de cor;
- Levantar outros sensores de cor compatíveis com a aplicação e de baixo custo

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 Reflexões sobre a cor

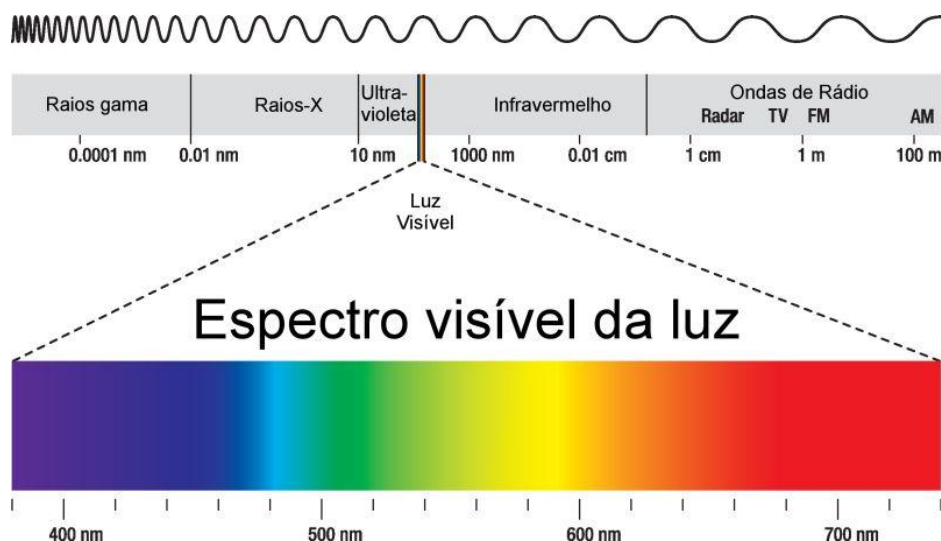
Ao lidar com o assunto da cor, o primeiro ponto que a considerar é a forma do olho humano. Nossos olhos têm 2 tipos de sensores retinais: cones e bastonetes; os

cones permitem a percepção das cores e os bastonetes a percepção dos tons de cinza. Herdamos de nossos ancestrais a visão tricrômica, ou seja, nossos olhos captam todas as cores de apenas três: vermelho, azul e verde, cores que chamamos de cores primárias. São os bastonetes que nos permitem “ver” à noite, ou seja, podemos perceber as silhuetas com algum grau de precisão, sem, no entanto, perceber os detalhes.(ROCHA, 2010).

O segundo ponto necessário para entender as cores é a luz. A luz visível faz parte de um conjunto de vibrações eletromagnéticas, nas quais nós, humanos, só podemos perceber uma parte dessas luzes. Para entender o eletromagnetismo, dizemos que algo é elétrico ou magnético, ou alguma interação entre eles. Outro ponto nem mesmo importante são os elétrons, eles existem "livres" no espaço, mas não viajam de forma linear, mas oscilam em um movimento de forma de onda. Sua velocidade é constante, mas suas oscilações podem cobrir quilômetros ou centímetros.(ROCHA, 2010).

Maxwell foi quem previu pela primeira vez ondas eletromagnéticas e elas vieram a ser observadas depois por Heinrich Hertz. As ondas eletromagnéticas podem ser caracterizadas pela frequência ou, de maneira equivalente, pelo comprimento de onda. O conjunto de frequências é o que define o espectro de radiação. Uma parte do espectro eletromagnético chamamos de luz. São elas ondas eletromagnéticas cujos comprimentos de onda variam entre 400 nm e 700 nm (nanômetros), como apresentado na figura 3. A luz visível é, portanto, apenas uma onda eletromagnética (MARQUES,).

Figura 3:Espectro Eletromagnético



Fonte: (Carvalho, 2021)¹

A luz branca contém todas as cores. Assim, se recebermos simultaneamente todas as cores do espectro visível, o comprimento de onda mais longo da luz visível é vermelho e o comprimento de onda mais curto é violeta e cada frequência determina a sensação de uma cor.

3.2 SISTEMA DE CORES RGB – CMYK

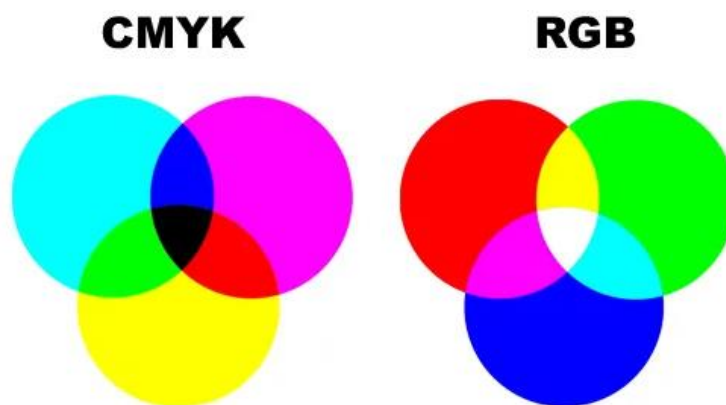
O sistema de cores RGB também é conhecido como cores brilhantes ou cores claras. Todo objeto que emite luz utiliza esse padrão de cor, como computadores, câmeras digitais, televisores e telefones celulares. A sigla RGB representa as cores vermelho (red), verde (green) e azul (blue), respectivamente. A mistura dessas três cores básicas é usada para dar origem a todos os outros tons e cores que conhecemos. Cada um dos tons que surgem da combinação RGB recebe um valor de intensidade, que fica entre 0 e 255.

Outra forma de obter as cores é denominado sistema subtrativo, que também pode ser denominado de sistema de Pigmento de Cor, pois as misturas de suas

¹ Imagem retirada do site Info Escola: Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>

cores básicas tendem a ser pretas, ou seja, ausência de luz. Na classificação subtrativa temos o sistema CMY (Cyan, Magenta e Yellow em inglês, ou seja, ciano, magenta e amarelo). A Figura 4 mostra os círculos de cores CMY e RGB, bem como suas cores primárias e o resultado da mistura entre elas (CORREA et al., 2014).

Figura 4: Círculos Cromáticos do sistema CMY e RGB, suas cores primárias e secundárias



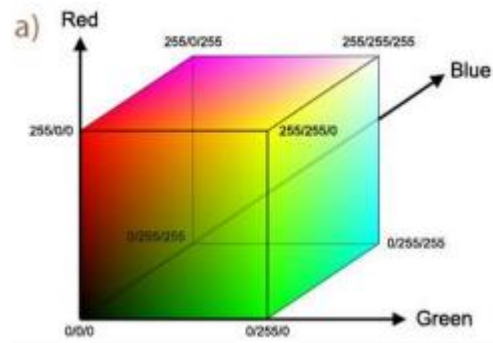
Fonte: (Junqueira, 2021)²

As cores devem ser representadas em um sistema tridimensional por apenas um ponto. E isso também se repete para o sistema RGB, conforme mostrado na Figura 4, este sistema geralmente é representado por uma imagem geométrica, exemplos do cubo em que cada cor é representada por três eixos perpendiculares, representando vermelho, verde e azul, originando no ponto de intensidade zero de seus eixos correspondentes. Podemos notar, na Figura 5, que os vértices do cubo representam as cores aditivas primárias e secundárias, mas com exceção dos vértices referentes ao preto e branco, em cuja diagonal que os conecta estão localizados os tons de cinza (CORREA et al., 2014).

²Imagem retirada do site Mundo Pauta: Fonte: <https://mundopauta.wordpress.com/2014/07/11/cmyk-e-rgb/>

³Imagem retirada do Artigo: Um modelo simples e parametrizável para classificação de cores.

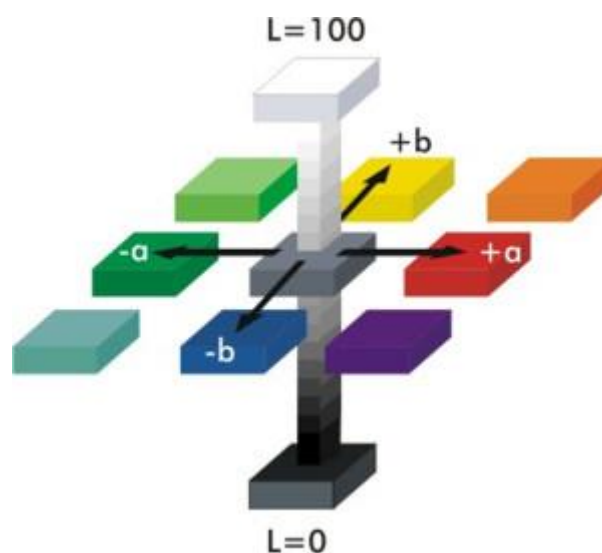
Figura 5: Cubo de cores RGB – Cone de cores HSV.



Fonte: (CORREA et al., 2014)³

Além desses modelos apresentados, existe também o modelo de cores da CIE $L^*a^*b^*$, este sistema de cores é composto por três coordenadas, onde L^* se refere à luminosidade do objeto a ser avaliado, variando do preto ao branco, a^* é a medida do croma no eixo vermelho-verde e b^* é a medida do croma no eixo amarelo-azul, conforme representado na figura 6. Assim, as informações podem estar disponíveis como $L^*a^*b^*$, valor, croma e matiz (TAKATSUI, 2011).

Figura 6: Espaço de cor CIE $L^*a^*b^*$.



Fonte:(TAKATSUI, 2011)⁴

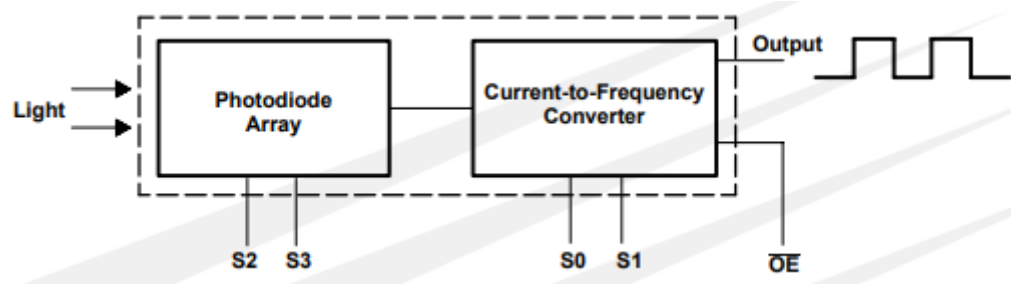
Os valores numéricos no Lab descrevem todas as cores que uma pessoa com visão normal pode perceber.

3.3 Sensor TCS230.

Esse sensor é um conversor de frequência de cor programável que possui uma combinação de fotodiodos de silício, que são configuráveis e compostos por uma série de sensores CMOS monolíticos. Normalmente a saída é uma onda quadrada de ciclo de 50% com frequência diretamente proporcional à intensidade da luz (irradiância) (ENGENHO, 2011).

Outra característica do sensor é que ele possui 64 fotodiodos, destes sendo 16 deles com filtros vermelhos, 16 com filtros azuis, 16 com filtros verdes e 16 sem filtro, distribuídos de uma maneira uniforme pelo sensor. Essas quatro cores são entrelaçadas para minimizar o efeito da não uniformidade da irradiância incidente. Além disso um ponto que é de suma importância nesse sensor é que todos os fotodiodos da mesma cor são conectados em paralelo, conforme representado na figura 7. O funcionamento do sensor através do seu diagrama de blocos encontra-se apresentado na Figura 7(TAOS, 2009).

Figura 7: Diagrama de blocos do TCS230



Fonte:(TAOS, 2009)⁵

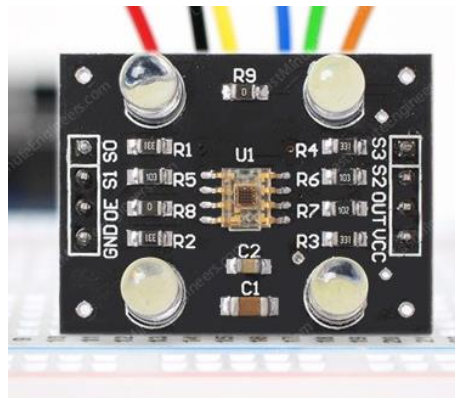
A vantagem de utilizar este sensor são suas características típicas de respostas à leitura de entradas, que permitem a varredura do espectro de

⁴imagem retirada da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas: SISTEMA CIE LAB: ANÁLISE COMPUTACIONAL DE FOTOGRAFIAS

⁵ Imagem retirada do TCS230 Datasheet

comprimentos de onda em que as amostras estão concentradas, e pelo seu baixo custo e possibilidade de conexão direta ao microcontrolador. A figura 8 é a foto real de um sensor TCS230, no qual é possível ver a forma de construção do sensor.

Figura 8: sensor de cores TCS230



Fonte: (Engineer, 2021)⁶

4. METODOLOGIA

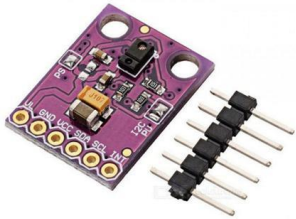
Os materiais utilizados para a realização do presente trabalho foram:

- Arduino UNO.
- Dois servomotores.
- Sensor de cor RGB.
- Protoboard.
- MDF.
- Copos de plásticos transparentes.
- Canos pvc preto fosco com tamanhos variados.
- Papel alumínio.
- Folha sulfite.
- Balas M&M.

⁶ Imagem retirada do site Last Minute Engineer: Fonte: <https://lastminuteengineers.com/tcs230-tcs3200-color-sensor-arduino-tutorial/>

A escolha do sensor foi feita da seguinte forma: foi efetuada uma pesquisa no Google com a palavra-chave “sensor de cores para Arduino”, busca que retornou 5.600.000 resultados na aba todos, a fim de diminuir a quantidade na lista de buscas, foi selecionado a aba shopping, e então filtrou-se com preços até R\$ 50,00. Obtendo-se então os seguintes sensores:

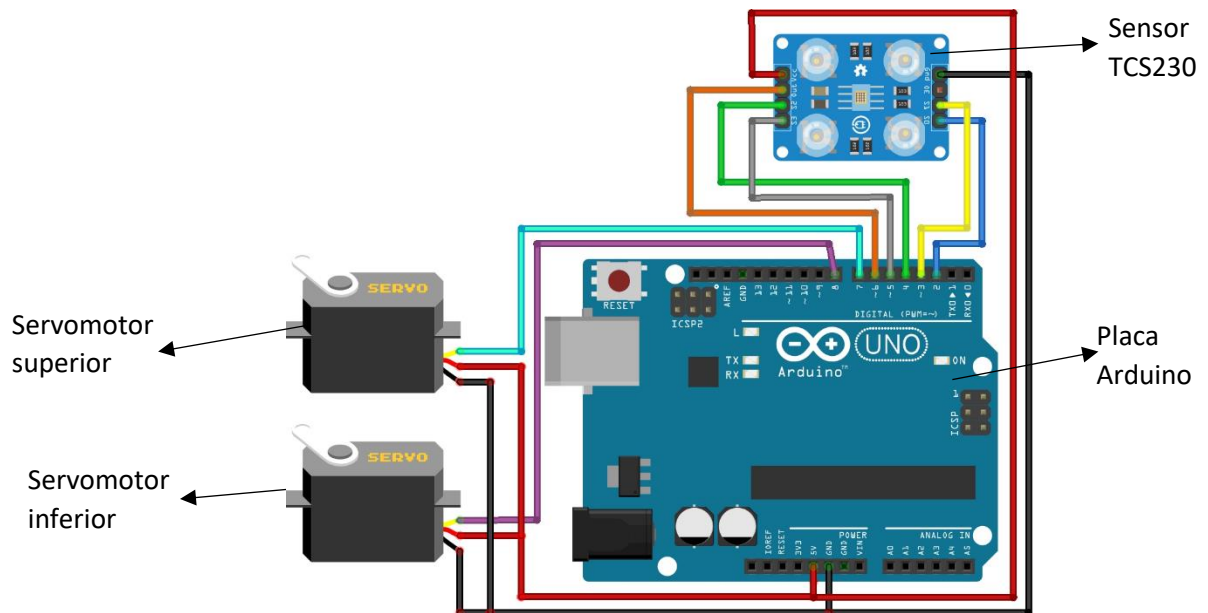
Tabela 1: Comparação de sensores obtidos em pesquisa.

DISPOSITIVO	MODELO	VANTAGENS	DESVANTAGENS	VALOR
	APDS-9960	Detecta a direção de gestos, intensidade de luz ambiente, cor ambiente ou proximidade.	Detecção a partir de 10cm de distância, necessário soldar	R\$22,55
	TCS230	Composto por 64 fotodiodos, possui quatro LEDs brancos para iluminação, capta a luminosidade, e filtra as cores recebidas.		R\$37,99
	TCS34725	Detecta os níveis de vermelho, verde e azul e também detecta o nível de claridade, possibilidade de controlar o LED.	Necessário soldar, fraca intensidade do LED.	R\$30,59

Após realizar a busca no Google, para evitar custo de entrega nos sites e otimizar o tempo para a execução do presente trabalho, foram selecionados os sensores em alguns vendedores de peças consumíveis para Arduino na cidade de

Poços de Caldas, e então escolhido o TCS230 por não possuir desvantagens se comparado com os outros sensores mencionados de faixa de preço próximas.

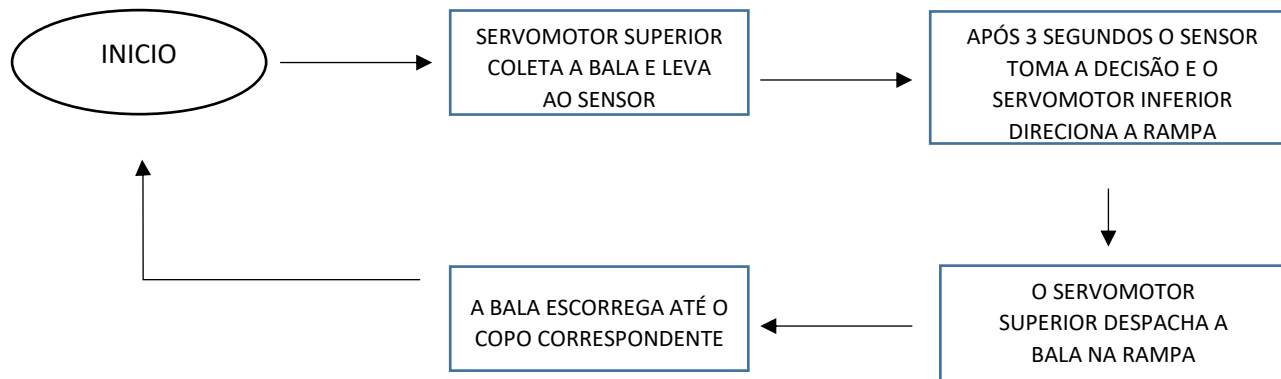
Figura 9: Circuito de funcionamento do protótipo.



Fonte: Dos autores.

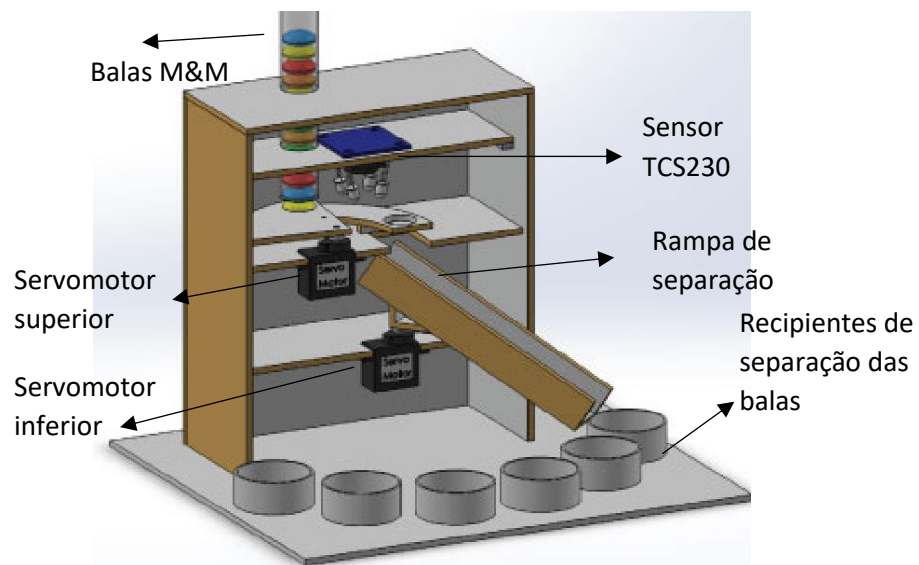
A figura 9 ilustra o circuito de funcionamento do protótipo, e suas respectivas portas de entrada e saída de cada um dos dispositivos, onde, todo o processo de separação se inicia com o auxílio do servomotor superior que é responsável por coletar a bala e levar até o sensor, aguardando por três segundos, após isso o sensor detecta a cor, e o servomotor inferior direciona a rampa ao copo correspondente e por fim o servomotor finaliza a separação despachando a bala até a rampa. Este processo é representado pela figura 10.

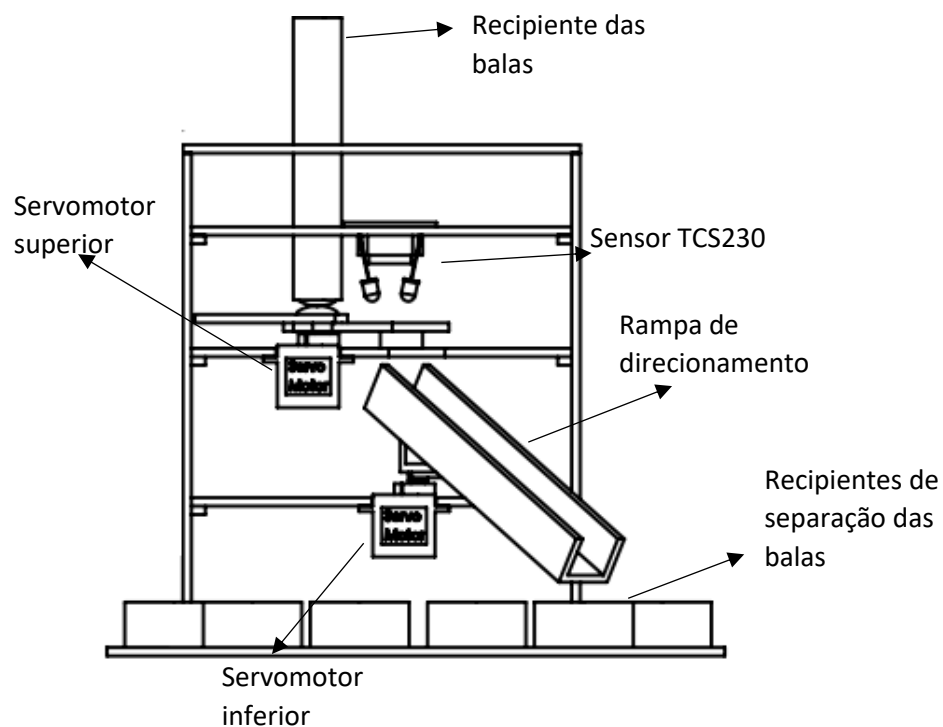
Figura 10: Fluxograma de funcionamento do protótipo.



Fonte: Dos autores.

Figura 11a: Projeto em perspectiva do protótipo e **Figura 12b:** Corte frontal da plataforma.





Fonte: Dos autores.

A figura 11a mostra o projeto em 3D do protótipo e a figura 11b corresponde ao corte frontal da mesma, seus dispositivos de funcionamento e seus respectivos lugares a serem instalados. A estrutura deste protótipo foi montada em MDF.

Figura 13: Balas de M&M de amendoim



Fonte: Dos autores.

As amostras utilizadas podem ser observadas na figura 12, balas de amendoim revestidas por camada de açúcar colorido, as cores definidas foram: amarelo, azul, verde, vermelho e marrom.

No presente trabalho foram investigadas a influência da distância do sensor à amostra, e a cor de fundo do compartimento onde o sensor mede a intensidade das cores das amostras. Considerando o tamanho desejado do protótipo, foram testadas distâncias de 1 em 1 cm entre 1 e 6 cm. Como fundo do compartimento, foram testados os fundos branco, espelhado e preto fosco.

Definido os critérios para encontrar as melhores condições de detecção, mediu-se a intensidade das cores das balas, inserindo-as uma de cada vez nos recipientes e tampando-as com o sensor, aguardou-se o tempo de 3 segundos em cada medição e então foi anotado os valores, sendo realizada dez medições de cada cor para cada distância e com isso extraiu-se a média e o desvio padrão

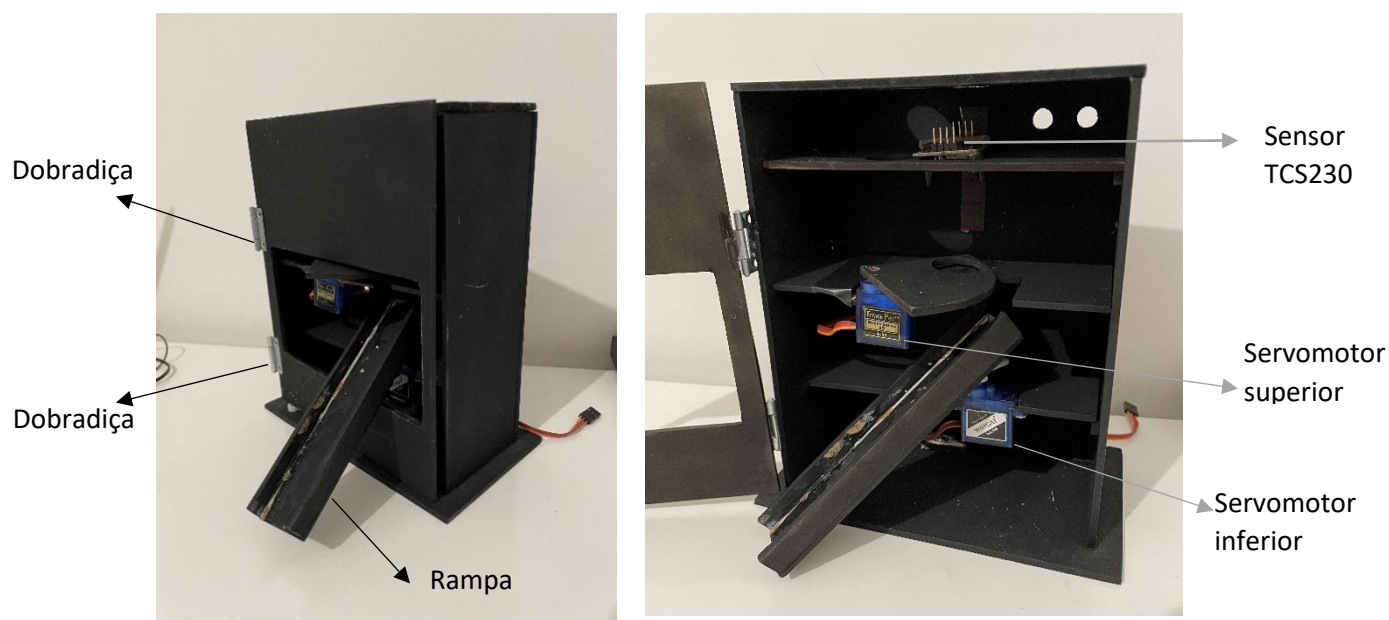
O critério utilizado para a definição das condições ótimas foi calcular a menor diferença entre as cores, sendo que a que seja a maior de menor das variações o escolhido, pois assim será possível definir um intervalo considerável para a detecção de cores.

Após a montagem da plataforma e a obtenção das condições ótimas de funcionamento dentro das condições propostas efetuou-se então a programação da plataforma, definindo-se os ângulos para coleta e direcionamento das balas através do servomotor superior e inferior, e por fim ajustou-se o sensor na altura de melhor detecção, vale destacar que o sensor na plataforma é regulável onde há a possibilidade de aumentar a distância até seis centímetros acima da amostra.

Por fim, o protótipo separador de M&M foi testado. 25 amostras de m&m de cores aleatórias, foram inseridas no alimentador do protótipo e a quantidade de acertos e erros e o tempo medição foram registrados em triplicata.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Figura 13: Protótipo separador de balas.



Fonte: Dos autores.

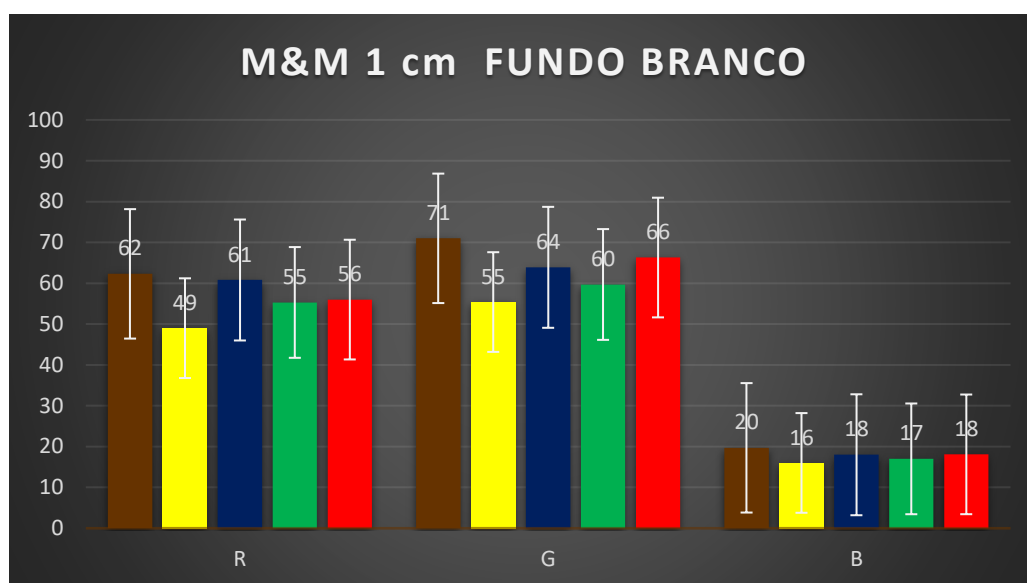
A figura 14, mostra a plataforma já montada, suas características seguem as informações que mostraram um melhor resultado, ou seja, por ter mostrado melhores intervalos na detecção de cor, o protótipo foi pintado de cor preto fosco.

O protótipo conta com um incremento adicional que não consta nos projetos iniciais, ocorreu a implementação de uma espécie de “porta”, para que as medições não sofram interferência de luz externa.

5.1 TESTE DO TCS230 COM INTERIOR BRANCO

A Figura 14 apresenta a resposta do TCS230 com as amostras separadas a 1 cm e um fundo branco.

Figura 14: Amostras em tubo branco com 1cm de altura.



Fonte: Dos autores.

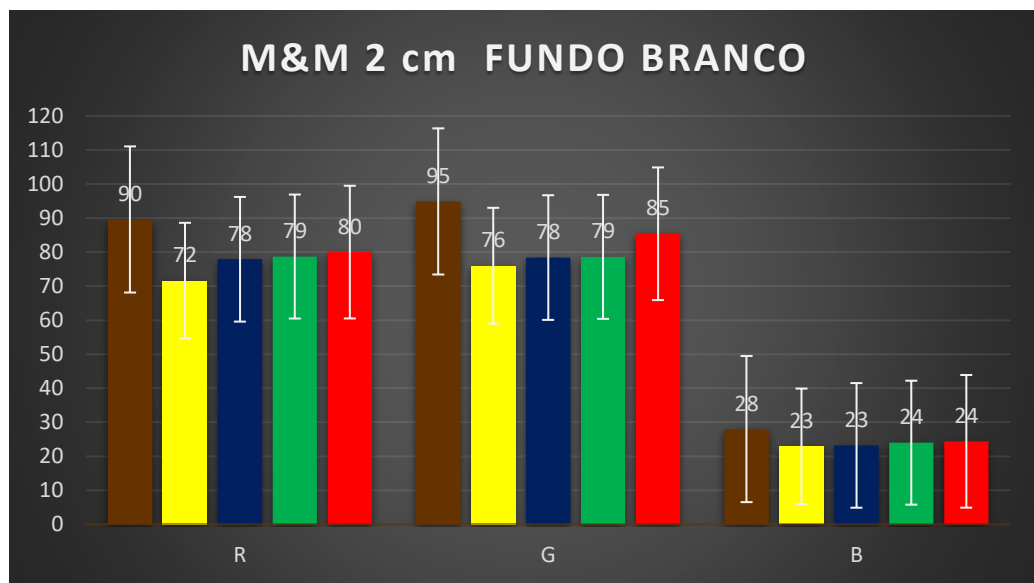
Observou-se o detector de tons vermelhos retornou valores entre 49 e 62, 55 e 71 pelo detector de tons verdes e 16 a 20 pelo detector de tons azuis. Considerando os parâmetros do sensor TCS230 (TAOS, 2004), valores mais baixos representam uma elevada intensidade de luz. Por se tratar de um fundo branco, este resultado é coerente os valores observados ao considerar o conversor AD de 10 bits do Arduíno que pode retornar valores até 1023.

Através da figura que não existe uma diferença significativa entre os valores dos parâmetros RGB retornado pelo TCS230, não podendo assim, ter uma exatidão em diferenciar as cores neste fundo, e nesta distância. Usando o parâmetro de avaliação encontramos a menor diferença de R, G e B sendo de um, não sendo possível encontrar um intervalo razoável de distância entre as cores.

Na figura 15, aplicando o mesmo parâmetro de escolha, foi possível observar a mesma variação da citada acima na figura 14, exceto o marrom que teve um range

de variação maior sendo, 62 em R e 71 em B, assim sendo possível distinguir das demais cores, a título de exemplo notamos certa dificuldade do sensor em diferenciar as cores Azul e Verde demonstrando um intervalo de apenas um ponto entre eles.

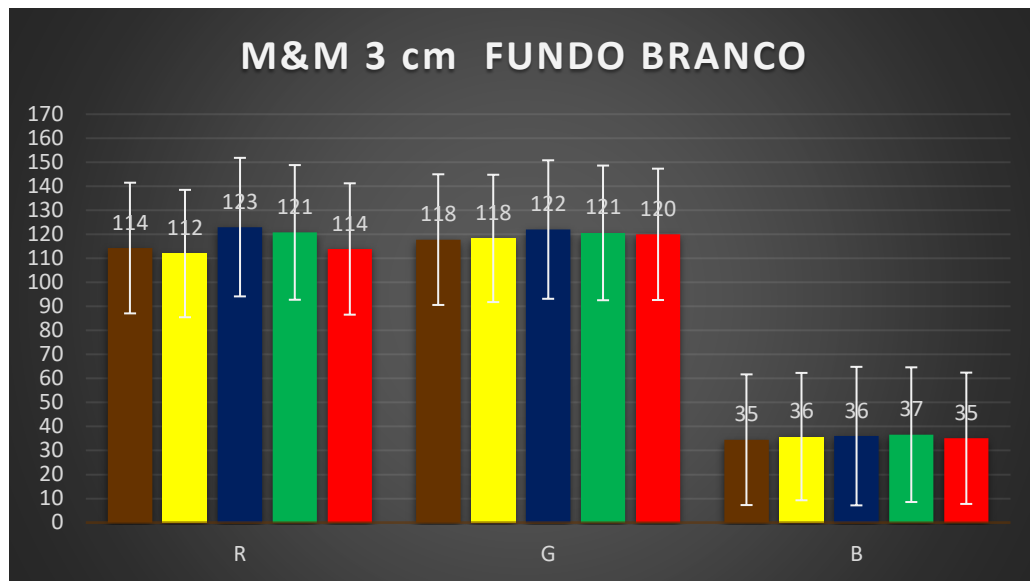
Figura 15: Amostras em tubo branco com 2cm de altura.



Fonte: Dos autores.

A figura 16 mostra um resultado de variação mínima igual a zero, notando então que o sensor confundiu duas cores, a marrom e vermelho com resultado medido de R = 114, G = 118 (marrom) e 120 (vermelha) e B = 35, apresentando apenas uma diferença de dois pontos em G.

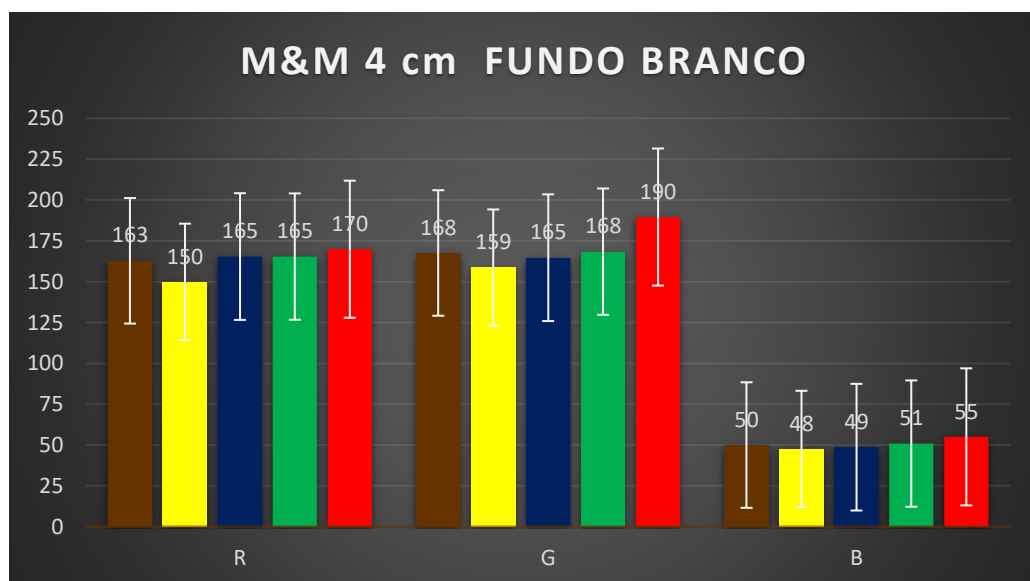
Figura 16: Amostras em tubo branco com 3cm de altura.



Fonte: Dos autores.

Observando a figura 17,18 e 19, nota-se um resultado semelhante, apresentando uma variação mínima de zero entre as cores azul e verde, sendo R = 165, G = 165 (azul) e 168 (verde) e B = 49 (azul) e 51(verde), não mostrando um intervalo mínimo significativo entre as detecções de cores.

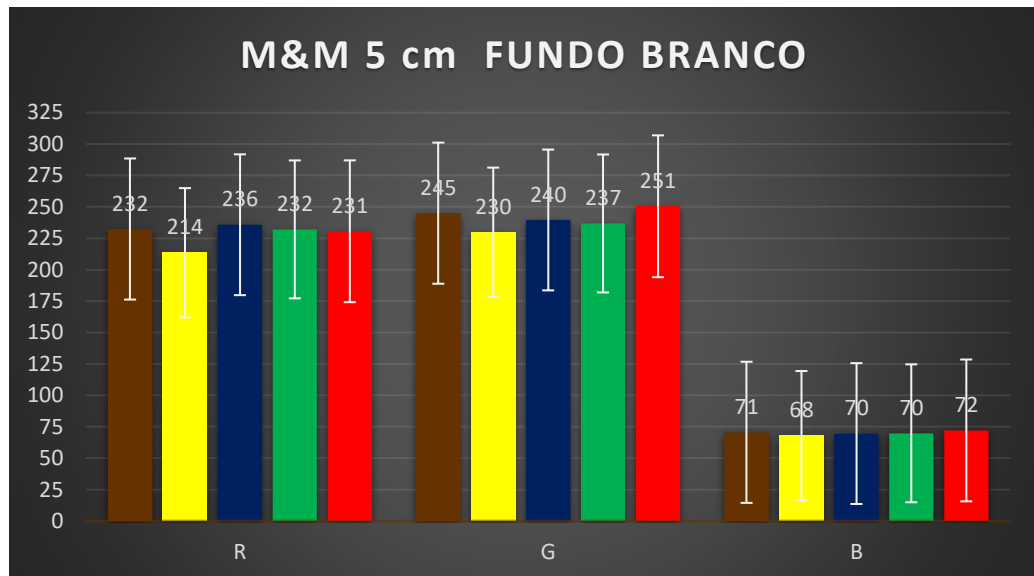
Figura 17: Amostras em tubo branco com 4cm de altura.



Fonte: Dos autores.

O mesmo fato citado nas figuras 14 e 15 é repetido na figura 18, porém nota-se a dificuldade do sensor em detectar a cor marrom e verde, apresentando valor de R igual a zero, e diferença de G de 8 e B de um, mesmo que ocorra duas variações entre as cores para G e B estes não mostram uma diferença relevante para uma detecção ótima de cor.

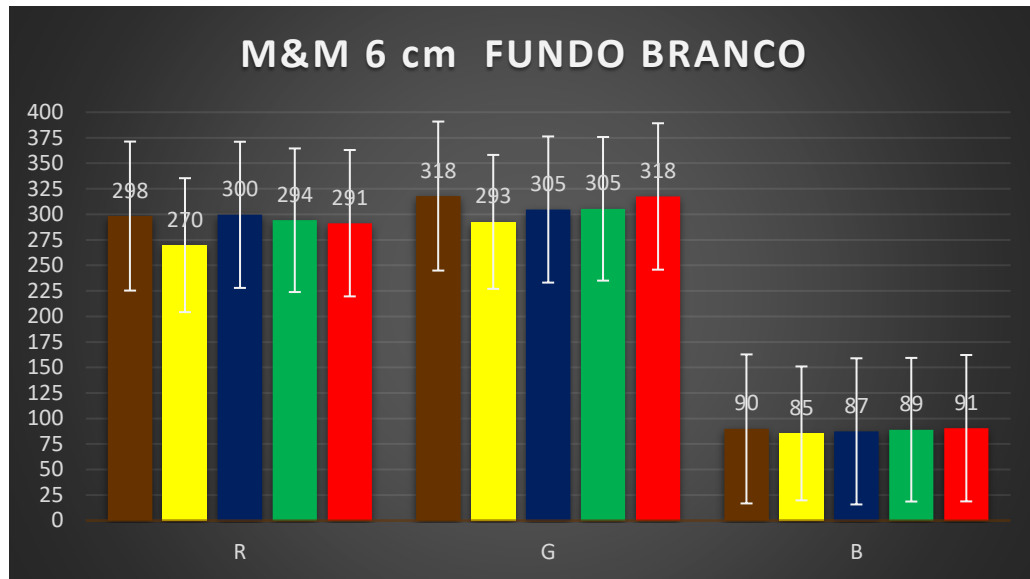
Figura 18: Amostras em tubo branco com 5cm de altura.



Fonte: Dos autores.

Já na figura 19, os resultados encontrados mostraram uma pequena diferença, onde, a menor variação detectada pelo sensor foi de três para R, zero para G, com detecção de valor igual para as cores azul e verde e um para B. Fato que, mesmo ocorrendo uma variação, continua não sendo uma diferença significativa.

Figura 19: Amostras em tubo branco com 6cm de altura.



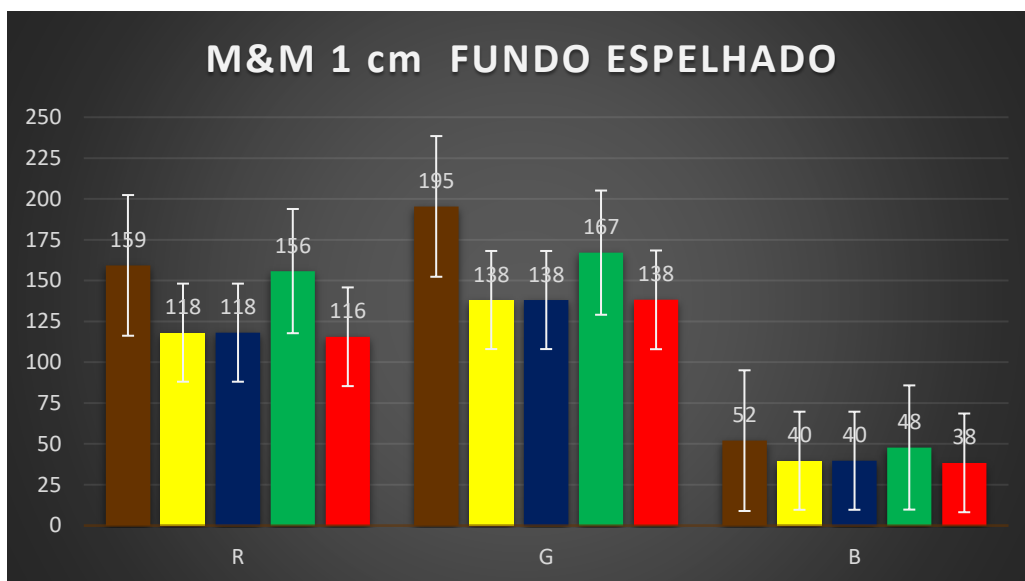
Fonte: Dos autores.

Nessas condições causadas pelo fundo branco, não foi possível identificar condições que distinguíssem claramente as cores das amostras. Possivelmente, o fundo branco causou saturação tornando difícil para o sensor identificar padrões de cores.

5.2 TESTE DO TCS230 COM INTERIOR ESPELHADO

A detecção do sensor em meio espelhado utilizando o mesmo parâmetro definido, mostra a mesma dificuldade do sensor em detectar algumas cores, na figura 20, podemos observar tal fato, onde, as cores amarela e azul mostram uma variação igual a zero para R, G e B além da proximidade com a resposta observada na amostra vermelha, notando então que o sensor não detectou diferença alguma entre estas cores, porém o sensor detectou com valores relevantes as cores marrom e verde.

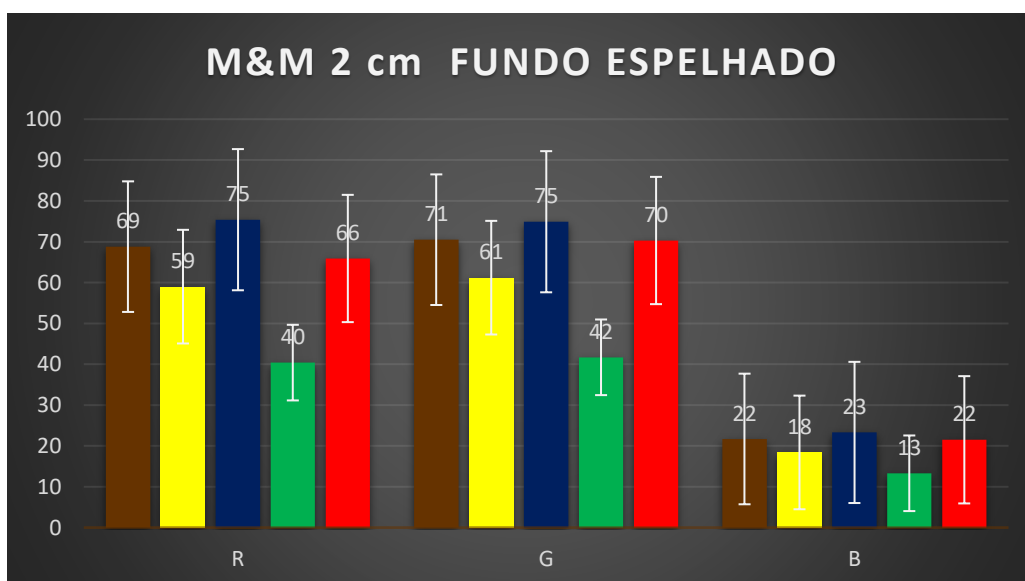
Figura 20: Amostra em tubo interior espelhado com 1cm de altura.



Fonte: Dos autores.

O fato citado na figura 20 não se repete na figura 21, mostrando uma menor variação de três pontos para R, um para G e zero para B, resultado que mesmo ocorrendo uma variação, a mesma não mostrou um intervalo ótimo para a detecção, mas neste nota-se que para as cores amarela e verde, o sensor mostrou uma variação de 19 pontos para R, 19 para G e 5 para B, mostrando um intervalo maior na detecção destas cores.

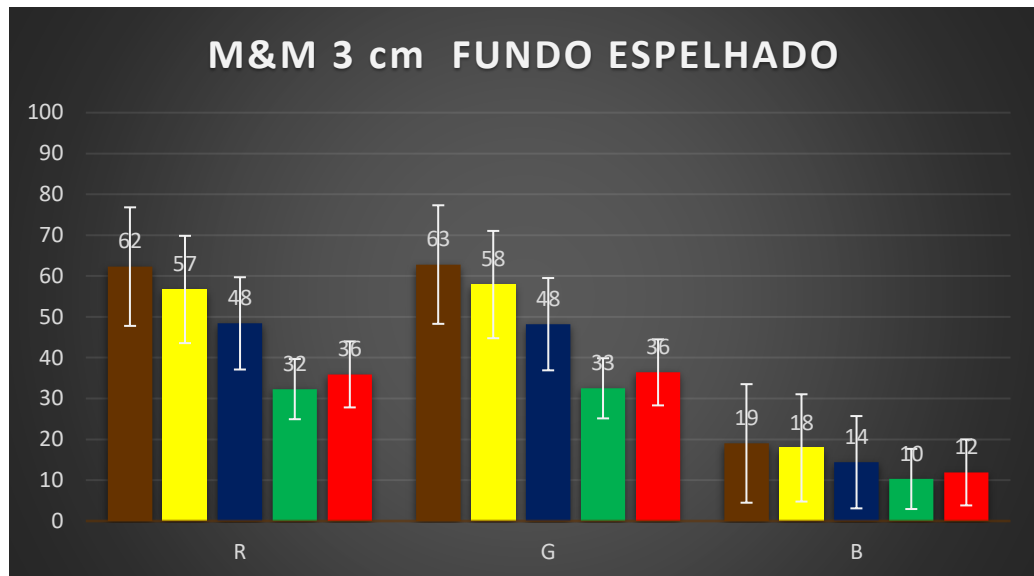
Figura 21: Amostra em tubo interior espelhado com 2cm de altura.



Fonte: Dos autores.

A diferença entre as cores detectadas no fundo espelhado com 3 centímetros de distância, mostrou um valor melhor na figura 22 do que todos os outros citados acima, ocorrendo uma menor variação de quatro pontos em R, três em G e um para B, porém, mesmo apresentando um resultado diferente dos demais, o intervalo continua não sendo significativo.

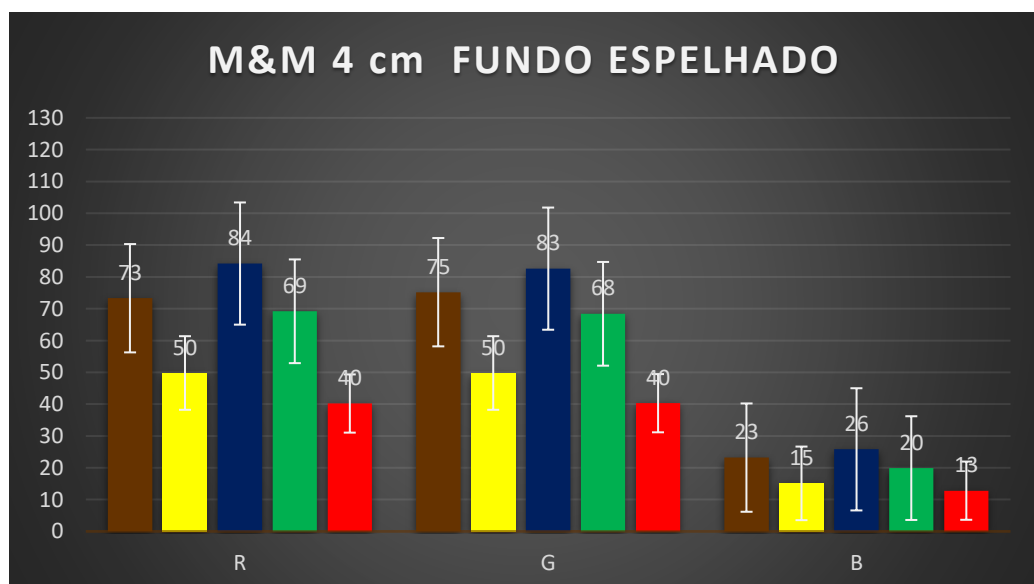
Figura 22: Amostra em tubo interior espelhado com 3cm de altura



Fonte: Dos autores.

O fato se repete na figura 23, apresentando uma variação mínima de quatro pontos para R, sete para G e um para B.

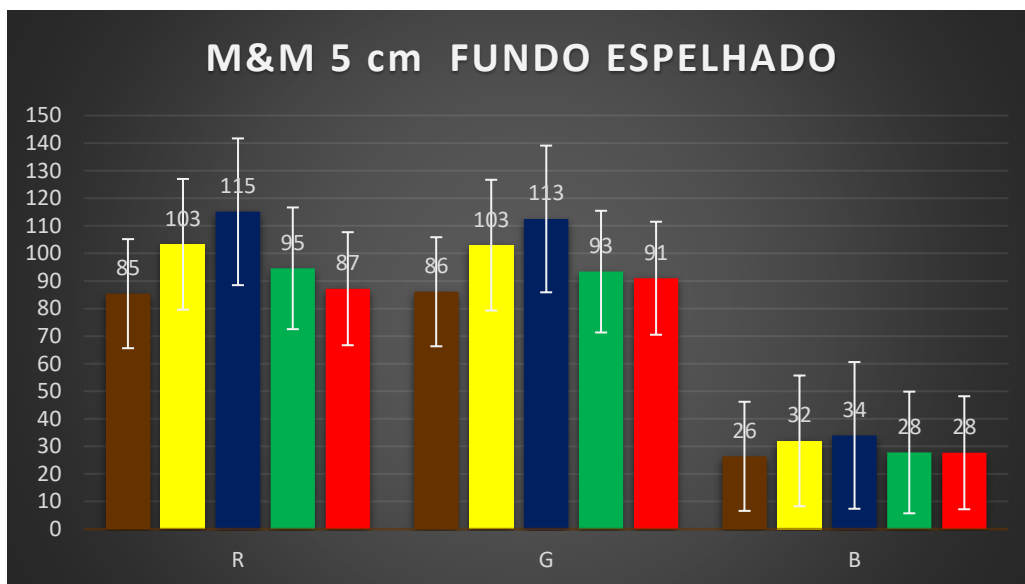
Figura 23: Amostra em tubo interior espelhado com 4cm de altura



Fonte: Dos autores.

Já na figura 24, a menor variação encontrada diminui, representando dois pontos para R, dois para G e zero para B.

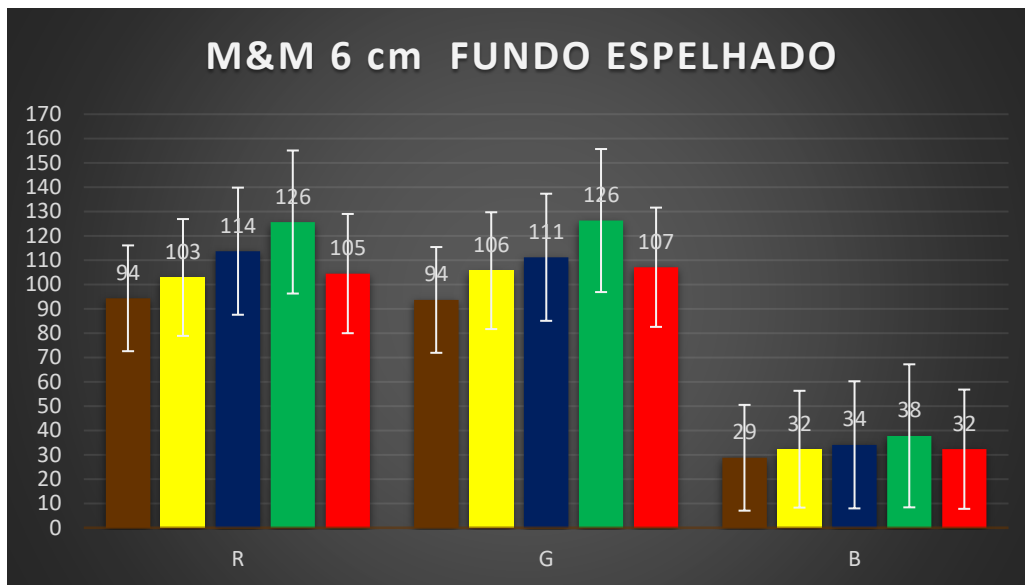
Figura 24: Amostra em tubo interior espelhado com 5cm de altura



Fonte: Dos autores.

Na figura 25, os valores obtidos não apresentam uma alteração significativa que torne a cor ou a distância como sendo ótima para a detecção, desde então, todos os citados acima não se mostraram ser meios para propiciar uma melhor reflexão de cores para o sensor.

Figura 25: Amostra em tubo interior espelhado com 6cm de altura

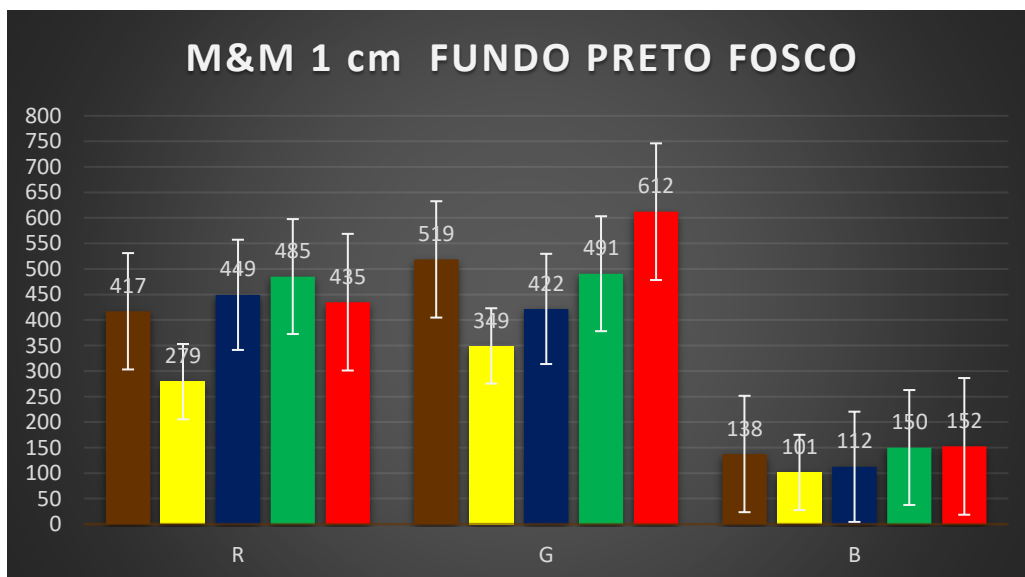


Fonte: Dos autores.

5.3 TESTE DO TCS230 COM INTERIOR PRETO FOSCO

Diferente do que se observou nos experimentos com fundo branco e fundo espelhado, na Figura 26, observou-se uma menor variação de 14 pontos para R, 28 para G e 2 para B, diferenças mostram um melhor intervalo para detecção de cor. Verifica-se então uma distância significativa dos valores obtidos, onde, há a possibilidade de diferenciação entre as 5 cores das amostras.

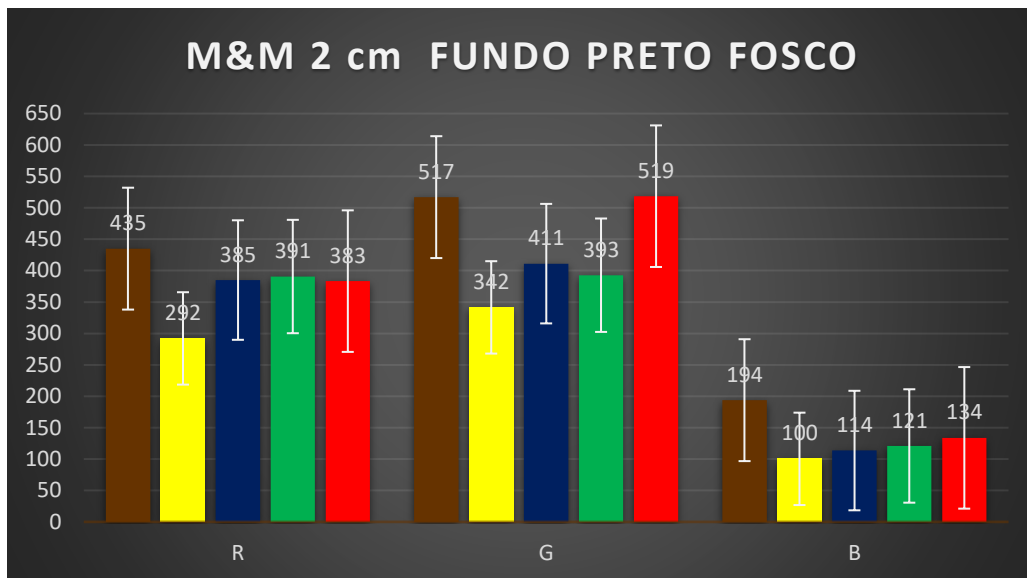
Figura 26: Amostras em tubo preto fosco com 1cm de altura.



Fonte: Dos autores.

Na figura 27, a menor distância diminui, sendo igual a dois para R e G e sete para B, apresentando um resultado um pouco diferente do citado anteriormente.

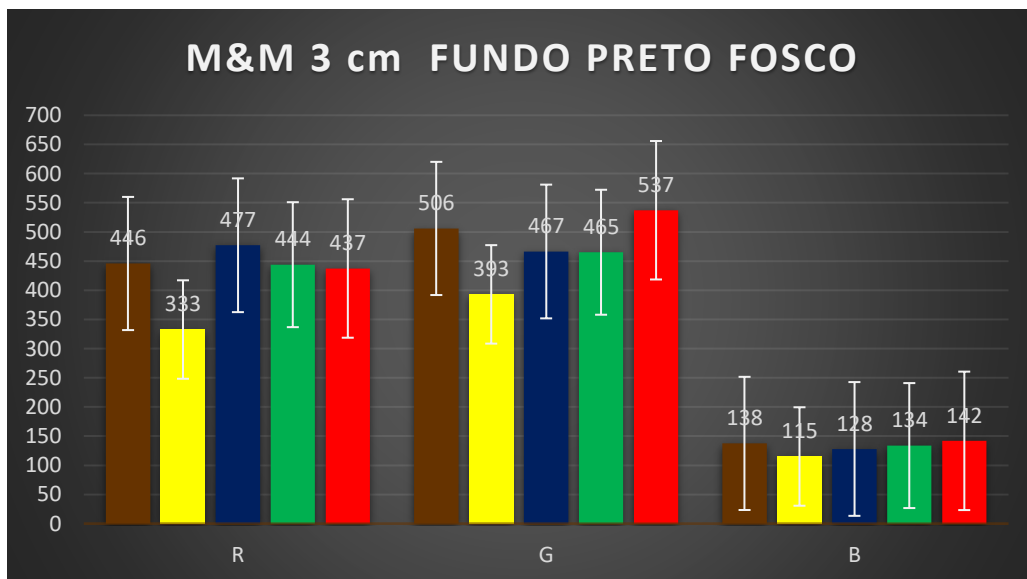
Figura 27: Amostras em tubo preto fosco com 2cm de altura.



Fonte: Dos autores.

Na figura 28, o fato observado na figura 27 se repete, com resultado de dois pontos de diferença para R, dois para G e quatro para B.

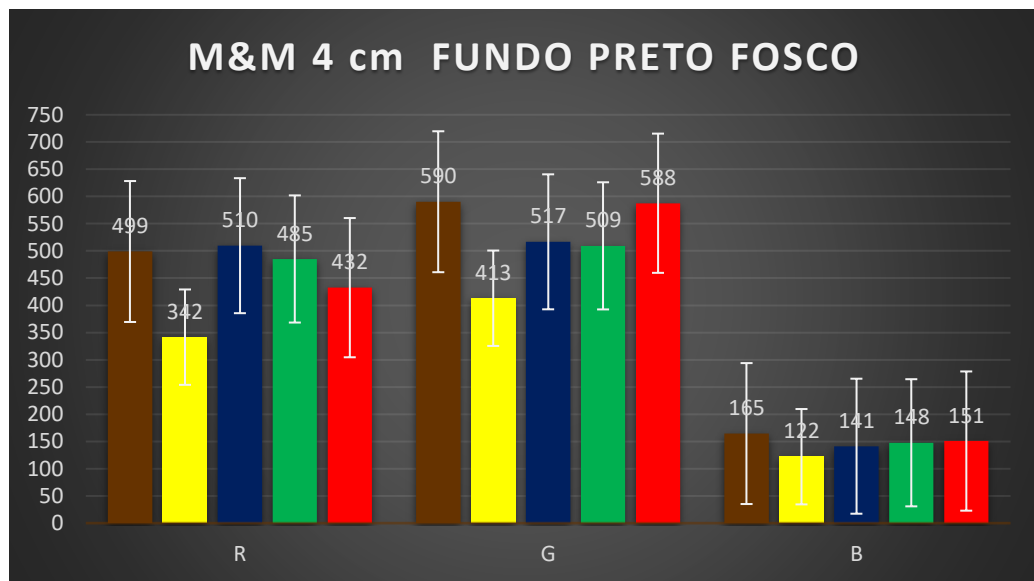
Figura 28: Amostras em tubo preto fosco com 3cm de altura.



Fonte: Dos autores.

Já na figura 29, observamos um resultado semelhante ao da figura 26 onde os de menor variação detectada é de 11 para R, 8 para G e 7 para B, mostrando uma distância mínima razoável.

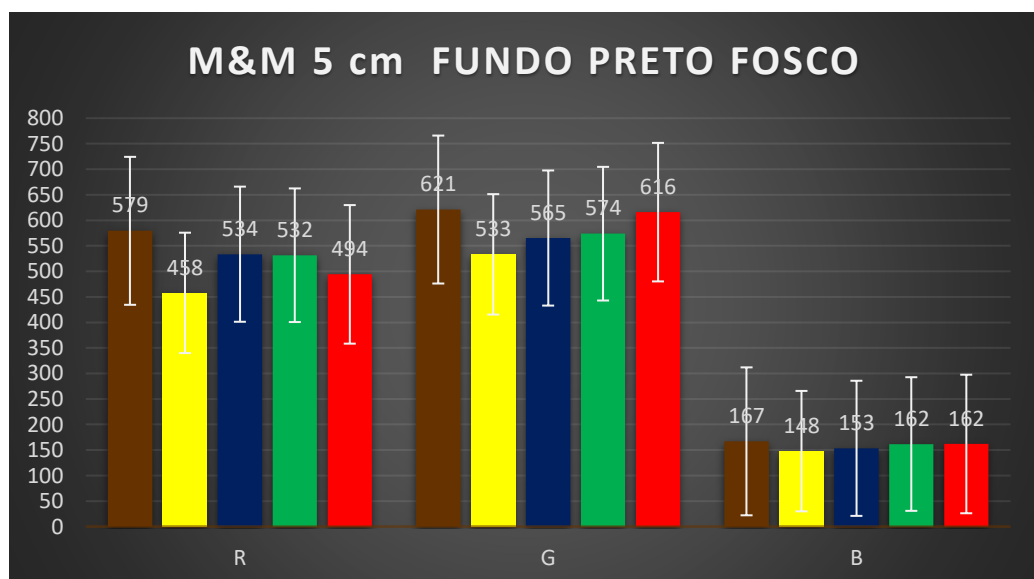
Figura 29: Amostras em tubo preto fosco com 4cm de altura.



Fonte: Dos autores.

Na figura 30 os valores detectados diminuem, sendo de dois pontos para R, cinco para G e zero para B, não sendo possível notar uma menor diferença aceitável entre as cores.

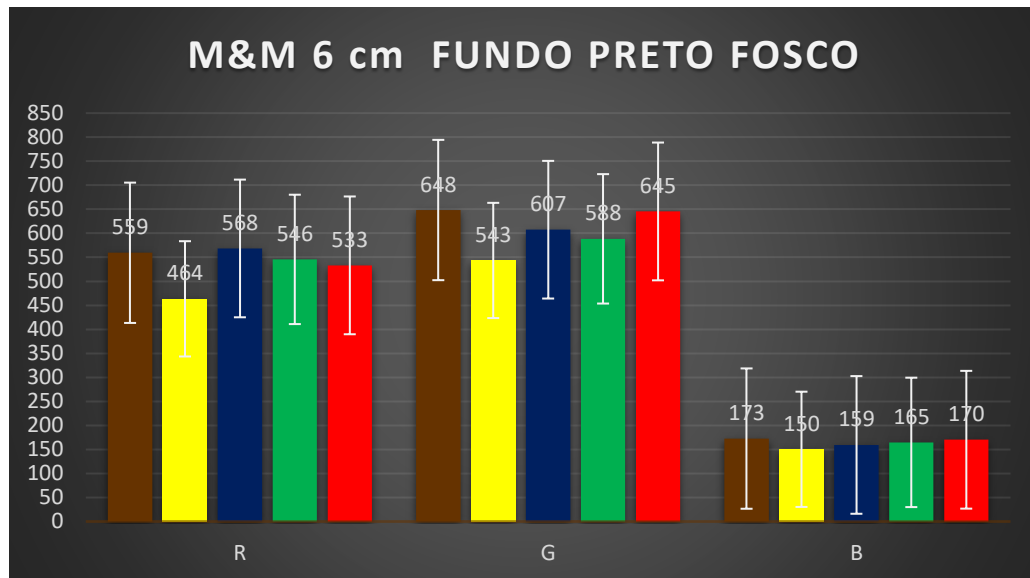
Figura 30: Amostras em tubo preto fosco com 5cm de altura.



Fonte: Dos autores.

Já na figura 31, obtemos um valor de leitura semelhante ao da figura 21 e 28, mostrando um valor mínimo de 9 pontos para R, 3 para G e 3 para B.

Figura 31: Amostras em tubo preto fosco com 6cm de altura.



Fonte: Dos autores.

Aferido todas as medições e ao analisar e comparar todos os valores obtidos, pode-se verificar que o tubo PVC com interior preto fosco, mostra ser mais eficiente para a detecção de cores com o sensor TCS230, fato que pode ser explicado pelo baixo índice de reflexão da luz incidida, que ao contrário dos outros interiores, este reflete uma menor quantidade de luz sobre a amostra, resultando em uma menor interferência no resultado.

Definido a cor do interior, e verificando a que apresenta o maior valor de menor variação, pode-se verificar que nas distâncias de 1, 3 e 5 centímetros o sensor obteve uma melhor diferenciação entre as cores, mas a que apresentou uma maior menor variação foi a de um centímetro, sendo está a definida para detectar as cores na plataforma.

Definido então os melhores meios para a detecção de cores do sensor, essas condições foram implantadas na plataforma, onde, foi colocado o sensor em uma distância de um centímetro, pintando-o de preto, e vedando para que ocorra uma menor passagem de luz possível.

Figura 32: Separador de grãos.



Fonte: Dos autores.

Na figura 32, ilustra o protótipo finalizado, os valores obtidos da separação de m&m mostrou ser significativo, seguindo os seguintes dados:

Tabela 2: Resultado da separação das amostras

	TOTAL	AMARELO		AZUL		VERDE		MARROM		VERMELHO	
		ACERTOS	ERROS	ACERTOS	ERROS	ACERTOS	ERROS	ACERTOS	ERROS	ACERTOS	ERROS
1	25	5	0	5	0	5	0	3	2	5	0
2	25	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0
1	25	5	0	5	0	5	0	4	1	3	2
TOTAL	75	15	0	15	0	15	0	12	3	13	2
MÉDIA	25	5	0	5	0	5	0	4	1	5	0
DESVIO PADRÃO	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1,1547	1,1547

Fonte: Dos autores.

Observando a tabela 2, após feito o experimento nota-se que o protótipo obteve um ótimo resultado para separar algumas cores, como o amarelo, azul e verde, tendo 100% de acertos, já para o marrom a plataforma apresentou uma taxa de acerto de 80% e vermelho de 86,67% valores bons. Estes erros ocorridos podem ser explicados pelo fato de que a umidade influenciou na medição, pois, por estar a um centímetro de distância, a precisão na detecção é maior, e as amostras por conter açúcares e expostas muito tempo ao ambiente podem “melar” dificultando na leitura, nestes erros o sensor confundiu trocando o marrom pelo vermelho e o vermelho pelo marrom.

6. CONCLUSÕES

Um protótipo capaz de separar balinhas M&M foi desenvolvido. Nos testes para encontrar as condições ótimas para o seu melhor funcionamento, verificou-se que a distância de 1 e 2 cm trouxeram melhores resultados. Além disso, verificou-se que o fundo preto fosco é melhor, dentro das opções testadas, e que aparentemente, o TCS230 funciona melhor com intensidade luminosa mais baixa.

Por fim, o desempenho geral do protótipo foi considerado satisfatório com o uso do sensor TCS230, pois seus níveis de acerto ficaram acima de 88% e a separação de 17 confecções por minuto (procedimento requer mais tempo de separação, mas garante que apenas uma confecção é reconhecida em um momento).

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTURO

O próximo trabalho será feito com outros tipos de sensores, outras amostras, e até mesmo o conceito de completar a plataforma de separação pode ser reestudado de forma a melhorar o seu movimento quanto, a leitura das amostras e sua precisão em detectar as variações de tom de cores.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

De, A., Supervisionado, A., Classificação, N. A., & Peças, D. E. (2019). OSCAR FELICIO CANDIDO LONGUINHO.

de Queiroz, M. E. (n.d.). UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA BACHARELADO EM ENGENHARIA ELETRÔNICA.

Taos046a, -, & January. (2004). TCS230 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER. www.taosinc.com

COGNEX. (22 de 09 de 2021). cognex. Fonte: cognex: <https://www.cognex.com/pt-br/industries/pharmaceuticals-medical/tablet-pill-inspection>

Henrique Corrêa, J., Gouveia, T., & Ditarso Maciel Jr, P. (n.d.). UM MODELO SIMPLES E PARAMETRIZÁVEL PARA CLASSIFICAÇÃO DE CORES NO SISTEMA RGB Network Programming for High Performance Computing View project Connectivity Problems on Edge-Labeled Graphs View project. <https://doi.org/10.13140/2.1.4260.5127>

Júlio, ", & Filho, M. (2011). Universidade Estadual Paulista SISTEMA CIE LAB: ANÁLISE COMPUTACIONAL DE FOTOGRAFIAS.

Calgaro, E., de Amorim, G., & Neto, M. M. (2011). DESENVOLVIMENTO DE SENSOR MICROPROCESSADO DE BAIXO CUSTO PARA ANÁLISE DE CORES EM PROCESSOS PRODUTIVOS. In Revista Engenho (Vol. 3).

João Carlos Rocha, M. (n.d.). COR LUZ, COR PIGMENTO E OS SISTEMAS RGB E CMY THE ADDITIVE COLOR MODEL RGB, AND SUBTRACTIVE COLOR MODEL CMY.