

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA PAULA SOUZA

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL JARAGUÁ

FELIPE ROBERTO OLIVEIRA DE PAULA

RAFAEL LUCAS DO NASCIMENTO

RAFAEL VOLTOLINI

SARAH PAOLIELLO SENA DE SOUZA

ESTEIRA SELETORA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

Orientador: Prof. Ms. Jean Mendes Nascimento

São Paulo

2021

ESTEIRA SELETORA DE MATEIRAIS RECICLÁVEIS

F. R. O. Paula
email: olivifelipe@gmail.com
R. L. Nascimento
email: Rafaellucas_2009@hotmail.com
R. Voltolini
email: rafaelvoltolini@gmail.com
S. P. S. Souza
email: sarahpaoliello@gmail.com

ORIENTADOR: J. M. Nascimento
email: jeean.mendes@hotmail.com

RESUMO: Devido ao aumento de lixo descartado indevidamente e diante da pandemia do Covid-19, foram pensados em muitos projetos para automatizar os processos da reciclagem. O presente trabalho busca apresentar uma alternativa para campanhas com viés em reciclagem selecionarem e separarem os materiais recolhidos de forma automática. Para esse fim, faz-se uso de uma esteira, onde os materiais são postos e a triagem é realizada através de sensores e atuadores. Em suma, após a realização de testes e de acordo com o que se esperava do projeto, os resultados apresentados foram positivos.

Palavras-chave: Esteira Seletora, Reciclagem, Automação.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os cinco países que mais geram lixo atualmente (WWF, 2019). As taxas de produção de lixo vêm aumentando, porém, de forma desproporcional ao crescimento da população. Em virtude disso, a reciclagem está sendo um dos métodos utilizados para tentar diminuir o volume de resíduos descartados indevidamente.

A denominada “reciclagem” se baseia na separação e recuperação de materiais que já foram usados, mas que podem ser transformados novamente em matéria-prima. Além de ajudar na preservação da natureza, esta ação também pode gerar fonte de renda e economia na fabricação de novos produtos. Apesar disso, dados mostram que a quantidade de resíduos sólidos (RS) tende a crescer em 50% nos próximos 30 anos,

enquanto o esperado para expansão populacional no mesmo período é 12% (ABRELPE, 2020).

Muitos empreendimentos foram feitos como tentativa de postergar o aumento de RS e reutilizar parte desses materiais, um exemplo são os catadores. De acordo com o Ipea (2016) cerca de 400 mil pessoas vivem do recolhimento de resíduos recicláveis, porém, devido à pandemia de Covid-19, esse ofício se tornou um risco agravante para os colaboradores, que fazem a classificação de forma manual. Outro exemplo é a Coleta Domiciliar Seletiva, entretanto segundo o Abrelpe (2019), 26,9% dos municípios brasileiros não possuem essa iniciativa.

Este trabalho busca apresentar uma alternativa para a triagem dos materiais recicláveis, apoiando projetos como o “Reversa Mais”, que em conjunto com a Escola Técnica Estadual Jaraguá, planeja uma campanha de coleta de materiais compostos por plástico e metal, já que a região não possui um programa de coleta seletiva. A proposta é elaborar uma esteira seletora, onde os recicláveis recolhidos possam ser colocados juntos, classificados e reservados de forma automática. Conforme a esteira desloca o que foi posto, diferentes sensores vão identificar quais os tipos de materiais. Após selecionar cada material, uma porta operada por um servo motor será acionada, redirecionando o lixo para onde ficará armazenado.

Espera-se que, além de apoiar campanhas com o mesmo fim, o presente projeto possa auxiliar de forma ergonômica e higiênica no deslocamento dos resíduos e contribuir com a preservação de locais que não possuem a coleta como alternativa.

2. COLETAS SELETIVAS DENTRO DAS COMUNIDADES

A coleta realizada pela prefeitura de São Paulo por exemplo, cobre boa parte dos distritos, porém essa distribuição é feita de forma desproporcional. De acordo com o Mapa da Desigualdade elaborado pela Nossa São Paulo (2020), as zonas centrais são aquelas com maior proporção de resíduos doméstico coletados seletivamente pelas subprefeituras, enquanto as regiões mais periféricas estão com os piores índices. Tal como o Itaim Paulista com 0,3%, sendo a região com o menor número, à medida que a Vila Mariana com 10,6%, tem os melhores resultados.

Apesar das ações realizadas pelo governo, a maioria das coletas são feitas de forma voluntária em grande parte dos municípios, tendo como exemplo diversas

organizações, campanhas, os próprios catadores autônomos, entre outros. Contudo, essas atividades dependem substancialmente da sensibilização e da colaboração dos habitantes, de empresas e instituições (RIBEIRO et al., 2009).

Timlett e Williams (2008), pesquisaram formas de aumentar a participação da população no esquema de reciclagem e apresentaram três projetos aos moradores ingleses. Entretanto, nenhuma das ideias teve resultados significativos. Os pesquisadores concluíram que a mudança de comportamento seria mais eficaz com o uso de métodos simples, de baixo custo e que envolvam os habitantes e as equipes de coleta.

Bringhenti e Günther (2011), observaram que a descontinuidade dos programas de coleta seletiva em Vitória (ES) causou a acomodação e o desinteresse da população, que devido a aspectos culturais e a falta de instrução, continuou sem se importar com o destino dos resíduos. Depois da pesquisa, as autoras constataram que parte dos discursos coletivos apontavam para a necessidade de maior envolvimento com as comunidades, por parte do poder público, para promover a continuidade dos projetos. Também houve o consenso de que as ações de divulgação e mobilização deveriam ser contínuas.

Não é possível desenvolver qualquer campanha relacionada a sustentabilidade e a proteção ambiental sem o envolvimento da população. Ainda que bem-intencionados, ou bem elaborados, se os conceitos por trás dos programas não forem devidamente assimilados, terão baixa eficácia, pois não estarão inseridos nas atividades do dia a dia dos cidadãos (VILELLA et al., 2001 apud. BERTICELLI et al 2020).

3. SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE COLETA SELETIVA (MERCADO E PROJETOS)

No Brasil, ainda é muito utilizado o trabalho manual na seleção dos materiais recicláveis, porém com a pandemia do Covid-19 mais se tem ouvido falar na substituição dessa mão-de-obra por sistemas automatizados. Além de diminuir os riscos de contaminação por vírus e microrganismos perigosos, também haveria um aumento produtivo na triagem desses resíduos (LAMB, 2020).

Um exemplo já em operação é a usina Sunset Park Material Recovery Facility (NY, EUA), que é totalmente automatizada. Ela identifica os materiais utilizando classificadores ópticos e os separa com ímãs e sistemas de ar (Resource Recycling, 2017).

Apesar dessa evolução, ainda há muito a inovar nesse mercado, como o RoCycle, desenvolvido pelo laboratório do CSAIL, por exemplo. Os pesquisadores criaram uma simulação de braços e mãos humanas com um conjunto de sensores, permitindo que o robô diferencie um conjunto amplo de objetos duros ou macios, sabendo a força necessária para segurá-los (MIT News, 2019).

Outras tecnologias deste tipo foram criadas, como o Cortex da AMP Robotics, ou o SamurAI da Machinex que conseguem selecionar até 80 peças por minuto, sendo muito mais eficiente do que o trabalho manual (AMP Robotics, 2019; Machinex, 2019).

Em seu trabalho, Leandro e Rall (2020) desenvolvem um projeto de uma esteira com acionamento por botões, para que não seja necessário utilizar o trabalho manual no momento da triagem. Os materiais passam pela esteira, quando um botão é acionado determinada porta se abre e só é fechada após desacionamento do botão

Brandt et. al. (2019) apresentam o desenvolvimento de uma lixeira inteligente, com o propósito de fazer a seleção dentro de casas e empresas. Após inserir o material em uma passagem, o sensor capta o que foi colocado e abre um compartimento específico onde será armazenado os resíduos.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 Componentes Utilizados

Para o movimento da esteira foi utilizado um motor Bosch 0390 209 406, geralmente visto no funcionamento de limpadores de para-brisa de caminhões. Este tipo de motor auxiliou na montagem do projeto, pois possui uma haste em sua base, que permitiu um melhor encaixe entre o motor e o rolete de acionamento. Por ser um

motoredutor, também permitiu-se trabalhar com baixa velocidade e com o torque necessário para mover a esteira.

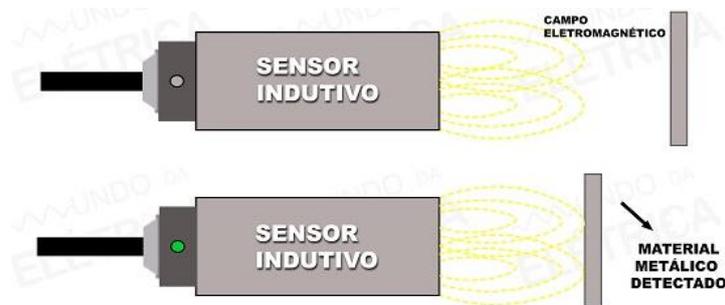
O propósito do projeto é que a esteira opere de forma autônoma, deste modo, foram escolhidos dois tipos de sensores. Para a seleção dos materiais metálicos utilizou-se um sensor indutivo e para os materiais plásticos um sensor capacitivo.

O sensor indutivo é um dispositivo que capta a presença de materiais metálicos através da variação de um campo magnético, este campo é gerado por um oscilador juntamente com uma bobina, presentes em seu circuito interno.

Devido ao princípio de indução eletromagnética, quando um material metálico se aproxima do sensor, a corrente induzida deste material diminui as linhas de campo. Um circuito de disparo, também presente no interior do sensor, detecta a variação do campo e altera a tensão de saída, que pode ter um nível lógico alto ou baixo.

A distância de atuação dos sensores varia. No projeto em questão, o alcance do sensor utilizado é de 8mm sendo um não facetado, nesse caso o campo magnético emerge tanto da superfície quanto das laterais da face sensora. Ele também possui um LED embutido, acendendo quando o acionador metálico atinge a distância estabelecida.

Figura 1 - Funcionamento do sensor indutivo



Fonte: Mundo da Elétrica (s/d).

O sensor capacitivo, diferente do indutivo, é um dispositivo que pode captar a presença de outros materiais além dos metálicos, através da variação de um campo elétrico. Este campo é gerado por cargas elétricas em sua face que formam um capacitor.

Seu funcionamento é como o de um capacitor de placas paralelas, que possui um material isolante entre duas placas de algum material condutor. No caso do sensor

capacitivo, quando um material isolante se aproxima da sua face, ocorre o aumento da capacitância. O circuito eletrônico do sensor detecta essa variação de capacitância e altera o sinal da sua saída.

A distância deste tipo de sensor também varia, porém em sua base pode-se ajustar com uma chave o tipo de objeto que será detectado. No presente projeto, foi escolhido um sensor não facetado com 8mm de alcance.

O projeto também tinha por objetivo tentar separar os materiais antes de percorrerem a esteira. Para isso foi necessário um motor brushless 629852A6 12v, retirado de uma parafusadeira. Este tipo de motor trabalha com muita velocidade e para tentar diminuí-la, foi aplicado um Controlador PWM 12. Este controlador de velocidade trabalha com um potenciômetro que controla a potência aplicada na carga, possibilitando a escolha da rotação na qual o motor vai atuar.

Devido a precisão, reversão rápida e baixo custo, utilizou-se um Servo Motor MG996R para a o acionamento da divisória.

O servo motor é um atuador que permite controle e precisão em suas aplicações, também dispõe de um pequeno diâmetro e um longo comprimento do rotor, características que auxiliaram na montagem da porta divisória. Ele utiliza um codificador, ou sensor de velocidade, para fornecer uma resposta sobre a velocidade e a posição em que vai atuar.

Para o controle do projeto escolheu-se o Arduíno Uno R3. O Arduíno é composto por circuitos de entrada/saída e seu principal componente é um microcontrolador. Ele é programado via IDE (Integrated Development Environment) e a linguagem de programação utilizada para a escrita dos códigos é baseada em C/C++. Apesar de já haver linguagens mais fáceis, a disponibilidade do software, o baixo custo, a facilidade de manutenção e o consumo reduzido de energia, foram as razões que determinaram a escolha desse componente.

Com a intenção de sustentar todo o circuito, foi escolhida uma fonte de alimentação ATX 500W, normalmente utilizada em computadores.

4.2 Estrutura da Esteira

A estrutura da esteira é composta por placas de madeira de reuso e MDF, organizadas de forma retangular, resultando nas seguintes dimensões: 150 cm x 53 cm x 20 cm.

Realizaram-se cortes circulares em ambas as laterais da base, para assim estabilizar os roletes de acionamento e de retorno da esteira e acomodar a lona sobre eles. A lona foi obtida através de uma esteira ergométrica sucateada. Já os roletes, foram desenvolvidos a partir de tubos de papelão reforçado 43cm x 7cm, e em seu interior fixou-se segmentos de um cano PVC $\frac{3}{4}$. Os seguimentos do rolete de retorno conectaram-se aos cortes laterais, presos ao esticador, enquanto o rolete de acionamento foi fixado no eixo do motor.

No início da esteira está localizado o compartimento onde os materiais ficam armazenados após a coleta e próximo a ele posicionou-se o controlador PWM. Foram pensadas em diversas hipóteses para que os materiais percorressem o caminho da seleção de forma ordenada e afastados uns dos outros. A alternativa escolhida foi utilizar o motor brushless para movimentar o compartimento inicial.

O compartimento é composto por uma placa de MDF, estabilizada de forma que possa ser dobrável e assim não obstaculizar o deslocamento da esteira. Fixou-se à placa, outros dois cortes retangulares de madeira, um paralelo ou outro, não deixando espaço para os materiais ali colocados caírem.

Posicionou-se o motor sob a placa e em seu eixo foi fixado um molde de metal circular, junto dele soldou-se outro molde retangular. Assim, quando o motor é acionado, o desnível do eixo resulta em uma agitação no compartimento de entrada e em toda esteira. Assim, o controlador PWM foi instalado, permitindo escolher o quanto o compartimento iria se movimentar.

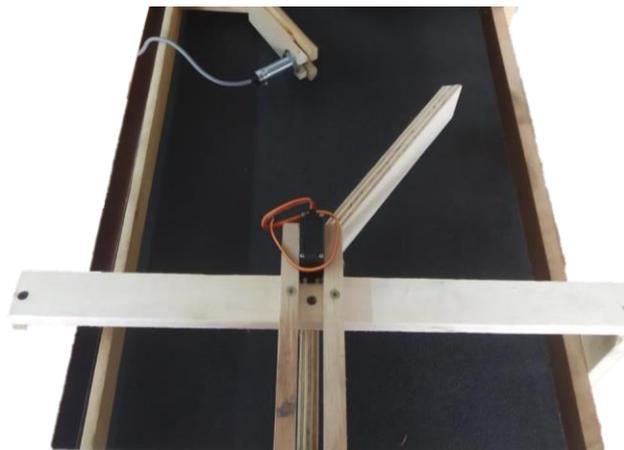
Logo abaixo dessa estrutura, outro corte de madeira foi fixado, desta vez em formato de T e acima dele posicionou-se uma mola para ajudar na movimentação. Quando o processo é iniciado, a vibração do motor faz com que os materiais não

acumulem, passando pela porta estreita um de cada vez. Deste modo, a probabilidade de algum objeto ser selecionado por engano seria menor.

Em seguida, os materiais passam pelo sensor indutivo. A princípio, seriam utilizados dois sensores, o indutivo e o capacitivo, e teriam três divisórias, a última para materiais que não eram de metal nem de plástico. Porém o sensor capacitivo escolhido teve dificuldade em captar materiais do tipo PET e os de pequena espessura, neste caso, a alternativa foi operar com um sensor e duas divisórias. Por ter sido inspirado em uma campanha, onde só são coletados materiais de plástico e metal, o objetivo do projeto não foi comprometido.

Para conexão do sensor com o Arduino, foi escolhido um resistor de precisão de 100Ω . Após a passagem pelo sensor, o reconhecimento do material será feito. Se for composto por metal, como mostra a figura 2, o servo motor abrirá a porta divisória e o que foi reconhecido seguirá um novo caminho até o espaço delimitado para armazenar objetos da sua classificação. Se não houver metal na composição, o material seguirá até o fim do percurso onde será depositado e armazenado.

Figura 2 – Porta divisória acionada.

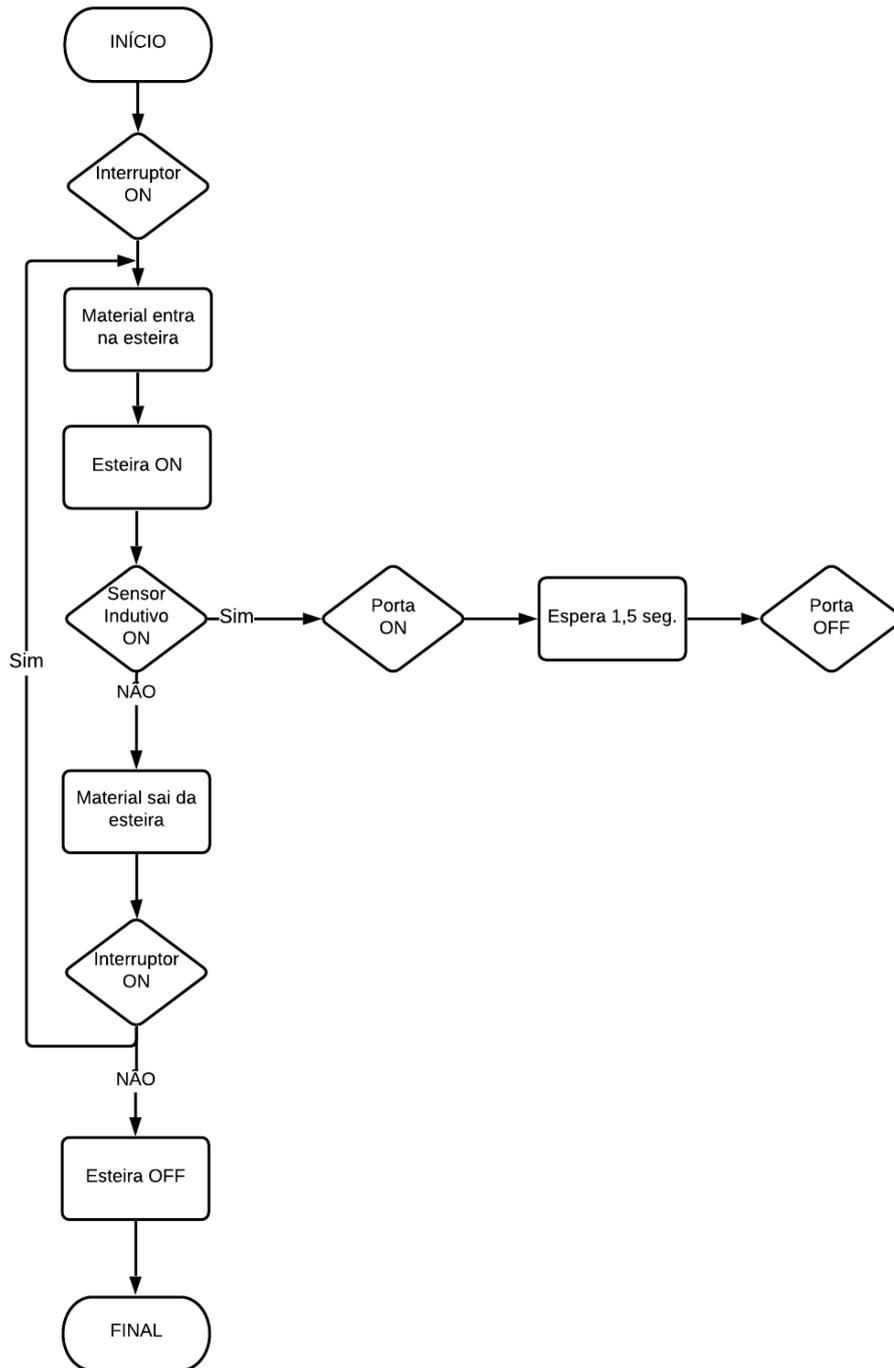


Fonte: Autor, 2021.

Na lateral esquerda da esteira, está o interruptor que irá iniciar todo o processo e a sinalização para avisar quando a esteira for acionada. Ao lado do interruptor de acionamento, outro também foi acrescentado, com o objetivo de iniciar separadamente a vibração do compartimento de entrada. No final do percurso, localiza-se o motor responsável pela movimentação da lona.

Para ter uma percepção melhor de como a esteira funcionaria e facilitar o processo de programação do Arduino, foi feito um fluxograma de funcionamento da esteira, visto na figura 3.

Figura 3- Fluxograma do processo de separação.



Fonte: Autor, 2021.

4.3 Programação do sensor

Para a programação, o primeiro passo foi incluir a biblioteca do servo motor. Após isso, foi declarada o pino do Arduino em que o sensor vai estar conectado, uma variável para ler o estado do sensor e o servo utilizado.

Figura 4 – Início da programação.

```
#include <Servo.h>

int sensorIndutivo = 10;
int estado_sensorIndutivo;
Servo motorIndutivo;
```

Fonte: Autor, 2021.

A função void setup(), é para declarar as configurações da programação. Nela, o pino do sensor indutivo foi definido com saída, o servo foi declarado como saída analógica, iniciou-se a conexão serial em 9600 bits por segundo e configurou-se a posição inicial do servo motor.

Figura 5 – Configurações do código.

```
void setup() {
  pinMode (sensorIndutivo, INPUT);
  motorIndutivo.attach(9);
  Serial.begin(9600);
  motorIndutivo.write(0);
}
```

Fonte: Autor, 2021.

Na função void loop(), a lógica do código será definida e repetida enquanto a placa estiver ligada. No projeto, a lógica utilizada começa com a leitura da porta de entrada do sensor e a verificação do estado em que ele está. Se o sensor estiver acionado, neste caso como o sensor é normalmente fechado, se ele estiver com o nível lógico baixo, então o servo comuta seu ângulo, ou seja, a porta divisória da esteira vai abrir e aguardar na mesma posição por um segundo e meio para depois voltar. Se o sensor não estiver acionado, o servo continua na posição inicial.

Figura 6 – Lógica da programação.

```
void loop() {  
  estado_sensorIndutivo = digitalRead(sensorIndutivo);  
  if (estado_sensorIndutivo == LOW) {  
    motorIndutivo.write(80);  
    delay(1500);  
  }  
  else {  
    motorIndutivo.write(0);  
    delay(100);  
  }  
}
```

Fonte: Autor, 2021.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Alguns impasses foram encontrados durante os testes, em sua maioria, estes problemas originavam-se com sensor indutivo.

O sensor utilizado tem 8mm de distância de atuação sendo não facetado. Como mencionado, neste tipo de sensor o campo magnético emerge tanto da superfície quanto

das laterais da face sensora, isso originou diversos problemas de interferência, tanto para captar o sinal, quanto para a movimentação dos objetos, dado que a face do sensor se posicionava fora do suporte e segurava os materiais, não permitindo a continuação do processo.

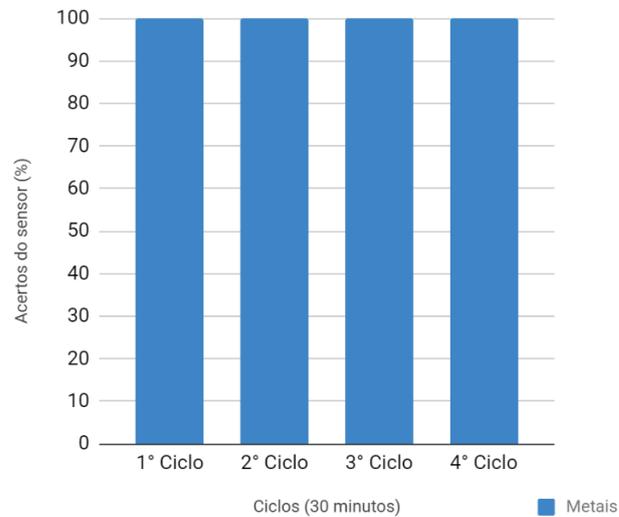
A solução encontrada foi considerar o sensor como facetado, encaixando-o completamente no suporte e deixando a mostra somente a face da extremidade.

Mais uma questão a ser resolvida, foi a distância de atuação. Devido à pequena área de operação e ao espaço da esteira, alguns materiais não se aproximavam o suficiente do sensor para serem captados. Por terem pouco peso, alguns materiais também adquiriram a tendência de virarem no sentido horizontal e permanecerem rodando com a esteira, não avançando. Como resolução para estes problemas, inclinou-se ligeiramente a base da esteira, assim os objetos se posicionavam somente na lateral onde o sensor se encontrava e continuavam o percurso sem interrupções.

Outro contratempo era o sensor enviando sinais para o servo motor, que abria a divisória, mesmo sem nenhum material metálico estar no caminho. Este em específico, causou um atraso significativo na conclusão do projeto, até perceber-se que havia um problema de continuidade entre um dos cabos conectados ao sensor e que as falhas decorriam deste problema.

Após resolver esses impasses, pode-se observar o sensor detectar diversos materiais, por um tempo contínuo de duas horas. Esse teste, como mostra a figura 4, avalia o desempenho do sensor a cada trinta minutos de trabalho constante.

Figura 7 – Teste de detecção do sensor indutivo

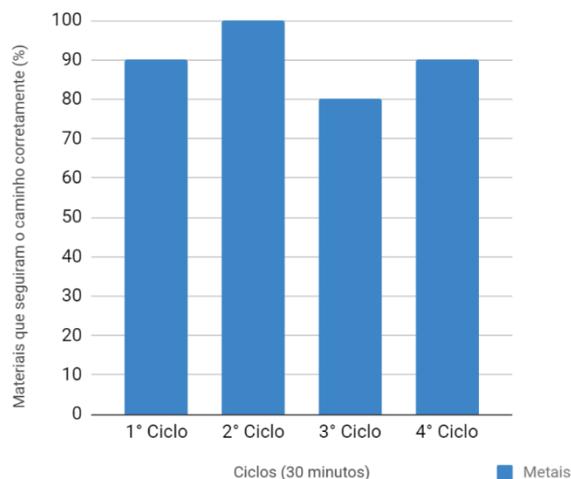


Fonte: Autor, 2021

Em vista disto, pode-se observar que durante período de funcionamento, o sensor alcançou 100% de precisão. Sendo assim, a esteira atingiu o resultado requerido.

Porém, no mesmo teste notou-se que a porta poderia empurrar os materiais que estivessem em sua frente no momento da abertura. Durante os ciclos observados, este desvio pode ser visto no gráfico da figura 8.

Figura 8 – Gráfico de desvio dos materiais.



Fonte: Autor, 2021

5.1 Custo dos Principais Materiais Utilizados

Quantidade	Material	Preço (R\$)
1	Sensor Indutivo 8mm	42,87
1	Sensor Capacitivo 8mm	68,00
1	Servo Bosch	-
1	Servo Tower Pro	43,00
1	Motor brushless	-
1	Arduino	80,00
1	Controlador PWM 12v	57,90
TOTAL		R\$ 290,87

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto buscou apoiar campanhas de reciclagem, em especial o “Reversa Mais”, apresentando uma alternativa para a seleção de materiais recicláveis compostos por metal e plástico, através de uma esteira seletora. Após realizar simulações, analisar os resultados obtidos e projetos com o mesmo viés, pode-se concluir que o resultado final, no geral, é positivo. No entanto, notou-se que seria necessário aumentar as dimensões da esteira para que se conseguisse trabalhar com materiais de tamanhos maiores.

. No mercado, projetos que possuem o mesmo propósito do apresentado, não buscam apresentar uma forma de separar os materiais antes de ingressarem no percurso de seleção, os objetos são postos manualmente na esteira. Logo, a conclusão satisfatória dos métodos utilizados no presente trabalho, alia-se para que o resultado seja positivo.

Após o desenvolvimento do projeto, nota-se a inevitabilidade para a implementação de melhorias. Entre elas, o aumento do compartimento de entrada, para que possa ter uma maior capacidade de armazenamento. Também a utilização de sensores ópticos, como uma forma de aperfeiçoar a seleção, já que com ele permite-se a detecção de materiais do tipo PET e materiais de menor densidade.

Com o avanço do projeto, notou-se como a tecnologia poderia contribuir com a preservação do meio ambiente. No cenário pandêmico em que o projeto foi produzido, percebe-se também como a automação é necessária em trabalhos manuais que precisem passar por diversos processos antes do produto final. Deste modo, a saúde dos envolvidos é preservada e a produtividade pode ser intensificada.

7. REFERENCIAL TEÓRICO

SÃO PAULO, Abrelpe. **Panorama-2020**. São Paulo, 2020.

SÃO PAULO, Abrelpe. **Panorama-2018-2019**. São Paulo, 2019.

BRINGHENTHI, Jacqueline R.; RISSO GÜNTHER, Wanda M. Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. **SciELO**, 12 fev. 2012.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/esa/a/tXswjvzFzYf7RKYWD6sNN7D/?lang=pt>

SZIGETHY, Leonardo; ANTENOR, Samuel. Resíduos sólidos urbanos no brasil. **Ipea**,

09 julho 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>.

SÃO PAULO, Nossa São Paulo. **Mapa da Desigualdade-2020**. São Paulo, 2020.

MATTEDE, Henrique. O que são sensores indutivos e capacitivos. **Mundo da Elétrica**,

05, maio 2018. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-sensores-indutivos-capacitivos-caracteristicas-funcionamento/>.

Timlett, R.E. and Williams, I.D. (2008) Public participation and recycling performance in England: a comparison of tools for behaviour change. *Resources, Conservation and Recycling*, 52 (4), 622-634. (doi:10.1016/j.resconrec.2007.08.003).

Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. **WWF**, 04, março 2019.

Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>