

# Esteira Seletora de Materiais Recicláveis

Nicoli Vieira Rodrigues, Alessandro Mainardi de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ciência da Computação– Centro Universitário Franciscano  
Rua dos Andradas, 1614 – 97.010-032 – Santa Maria – RS – Brasil.  
nicoli.v.r@gmail.com, alessandroandre@unifra.br

**Abstract** *This work aims to provide an alternative to the selection of recyclable material through the prototype of an automated selector machine to recognize and separate three types of recyclable materials (aluminum, plastic and glass). Controlled by a prototyping board Arduino, it performs the identification of the type of material and through the capacitive sensors (glass and plastic) and a metallic contact sensor, metal. That through strategically positioned actuators in the wake of the material is directed to proper disposal of trash, thereby facilitating and expediting the first stage of selective collection.*

**Resumo.** *O presente trabalho visa oferecer uma alternativa para a seleção de materiais recicláveis, através do protótipo de uma esteira seletora automatizada capaz de reconhecer e separar três tipos de materiais recicláveis (alumínio, plástico e vidro). Controlada por uma placa de prototipagem Arduino, a mesma realiza a identificação do tipo de material e através dos sensores capacitivos (vidro e plástico) e de um sensor de contato metálicos, o metal. Para que através de atuadores posicionados estrategicamente na esteira o material seja direcionado a lixeira de descarte correto, facilitando e auxiliando assim a primeira etapa da coleta seletiva. A esteira desenvolvida alcançou mais de 90% de resultados satisfatórios, provando assim a viabilidade do projeto em questão.*

## 1. Introdução

A reciclagem de resíduos é como uma medida econômica, social e ambientalmente viável para se tentar reverter a produção desenfreada de embalagens descartáveis. A reciclagem, que vem do inglês *recycle* (re = repetir, e cycle = ciclo) repetir o ciclo. É um método que utiliza certos tipos de lixo como garrafas de plástico e vidro e latas de alumínio, como matéria-prima para a fabricação de novos produtos. E o primeiro passo no processo de reciclagem é a coleta seletiva. [Outeiro, 2011]

A coleta seletiva trata-se de um método de recolhimento de materiais recicláveis: papéis, plásticos, vidros, metais e orgânicos, onde esses materiais são previamente separados na fonte geradora para assim poderem ser reutilizados ou reciclados. Nesse processo de reciclagem a separação dos materiais, tem fundamental importância, pois uma separação ineficiente compromete todo o processo.

Cada material, plástico, vidro, papel e metal são fundamentalmente diferentes e por isso o seu processo de reaproveitamento também [Takeuti; Werneck, 2015]. O processo de reciclagem além de preservar o meio ambiente também gera riquezas, os materiais mais reciclados são o vidro, o alumínio, o papel e o plástico.

Dados de um estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) em 2010 apontam que se a sociedade brasileira reciclasse todos os resíduos que

são encaminhados aos lixões e aterros, o país poderia economizar cerca de R\$ 8 bilhões ao ano. A economia gerada com o setor varia de R\$ 1,3 a 3 bilhões anuais.[ecodesenvolvimento, 2010].

A cada mil toneladas de lixo reciclado podem gerar cinco novos empregos na indústria de tratamento de resíduos. Esta é a conclusão de um estudo feito a partir de uma mesa redonda organizada pela Fundação Friedrich Ebert Stiftung em HerzliyaPituach, Israel. [Franco, 2010]

Com base nas pesquisas citadas torna-se notável a relevância da reciclagem no mundo atual. E com o intuito de facilitar e otimizar o tempo dedicado a coleta. Assim surge a ideia de desenvolvimento desse trabalho,que tem como finalidade fazer a separação correta de materiais como metal, vidro, plástico e outros.Para isso será construída uma esteira onde os materiais serão identificados e agrupados corretamente de acordo com o sua classificação no processo de reaproveitamento.

Automatizar esse processo significaria reduzir os riscos de contaminação de pessoas com materiais tóxicos/perigosos, além de otimizar o tempo destinado a separação desses materiais. Assim a esteira seletora permitiria separar mais materiais em menos tempo, com isso sobra mais tempo para coleta, aumentando assim o lucro de catadores e cooperativas.

Visando essas vantagens, o projeto apresenta uma alternativa viável para contribuir com o processo de reciclagem como um todo,associando a tecnologia com questões sociais, econômicas e ambientais.

## **2.Objetivos**

Como objetivo principal na construção da esteira temos a automatização do processo de separação dos materiais recicláveis, processo até então realizado em sua maior parte através da intervenção humana.Automatizar esse processo significaria reduzir os riscos de contaminação de pessoas com materiais tóxicos/perigosos, além de otimizar o tempo destinado a separação desses materiais. Assim a esteira seletora permitiria separar mais materiais em menos tempo, com isso sobra mais tempo para coleta, aumentando assim o lucro de catadores e cooperativas. Visando essas vantagens, o projeto apresenta uma alternativa viável para contribuir com o processo de reciclagem como um todo, associando a tecnologia com questões sociais, econômicas e ambientais.

## **3.Fundamentos teóricos**

Os assuntos tratados no presente tópico são referentes aos materiais utilizados na construção do projeto como: microcontrolador, placa Arduino, sensor capacitivo, sensor para contatos metálicos ponte H e motor de corrente contínua.

Esses componentes foram escolhidos com base em pesquisas feitas em trabalhos relacionados ao assunto. E suas eficiências serão testadas com o protótipo da esteira construída no segmento deste trabalho.

### **3.1.Microcontrolador**

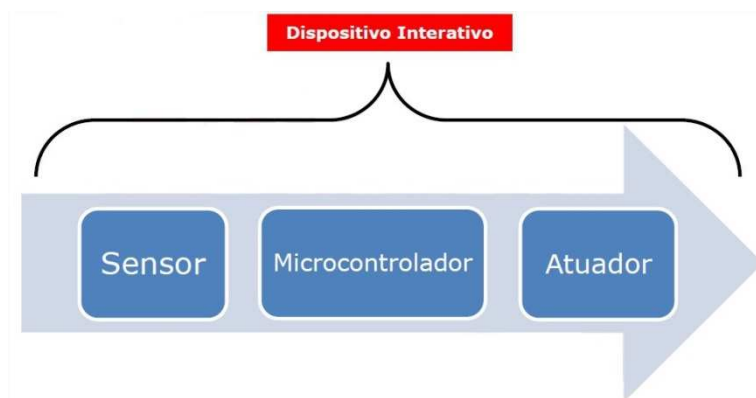
Segundo Angelfire, um microcontrolador é um circuito integrado que possui internamente um microprocessador e todos os periféricos essenciais ao seu funcionamento.

Dispositivo controlador de interrupção, como o nome já diz, é este componente que controla os pedidos de interrupção para a CPU (*Central Processor Unit*, significa Unidade Central de Processamento)



**Figura 1-Microcontrolador do Arduino ATmega328p [euarduino,2012]**

Microcontroladores são geralmente utilizados em automação e controle de produtos e periféricos, como sistemas de controle de motores automotivos, controles remotos, máquinas de escritório e residenciais, brinquedos, sistemas de supervisão, etc. Por reduzir o tamanho, custo e consumo de energia, e se comparados à forma de utilização de microprocessadores convencionais, aliados a facilidade de desenho de aplicações, juntamente com o seu baixo custo, os microcontroladores são uma alternativa eficiente para controlar muitos processos e aplicações. [euarduino,2012]



**Figura 2 - Dispositivos Interativos [leiautdicas, 2015]**

### 3.2. Placa Arduino

Baseado no microcontrolador ATmega, este pode ser utilizado para o desenvolvimento de objetos interativos independentes alimentados através de pilhas ou baterias, ou ainda para ser conectado a um computador através de um cabo USB (*Universal Serial Bus*, significa Porta Universal). Para conectar ao computador utiliza-se uma aplicação IDE (*Integrated Development Environment*, significa Ambiente de Desenvolvimento Integrado) Arduino para programá-lo e interagir em tempo real. Uma típica placa Arduino é composta por um controlador, algumas linhas de E/S digital e analógica e interface USB. A mesma não possui qualquer recurso de rede, porém é comum combinar a placa Arduino com extensões chamadas Shields (escudo).

A principal finalidade do Arduino em um sistema é facilitar a prototipagem ou emulação do controle de sistemas interativos a nível doméstico comercial ou móvel. "O Arduino pode ser programado através de uma ferramenta integrada de desenvolvimento,

IDE, que consiste em um software livre, multiplataforma e que foi desenvolvido em Java com biblioteca em C/C++.” [Arduino 2014]

Para este projeto o Arduino está programado para receber sinais analógicos/digitais dos sensores capacitivos e de contatos metálicos, processá-los e como resposta, enviar sinais aos atuadores (*drives de CD*) que realizaram o trabalho de abrir e fechar a gaveta expulsando o material da esteira assim que detectado.

### 3.3. Sensor de Contatos Metálicos

O sensor de contatos metálicos desenvolvido para esse projetotem como base uma corrente elétrica, através da mesma a presença de um objeto metálico será detectada.

O funcionamento do mesmo consiste em dois contatos separado a uma distância de aproximadamente um centímetro(em azul na figura), cada um deles ligados aos polos positivos e negativos respectivamente conectados a uma fonte de tensão, onde ao entrar em contato com o material metálico, fecha circuito elétrico, fazendo com que o Arduino detecte tensão indicando assim a presença de um metal, como exemplificado na figura 3.

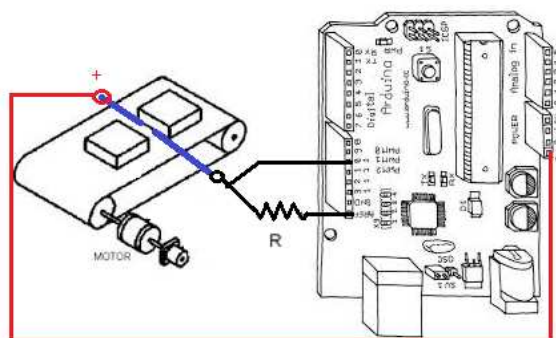
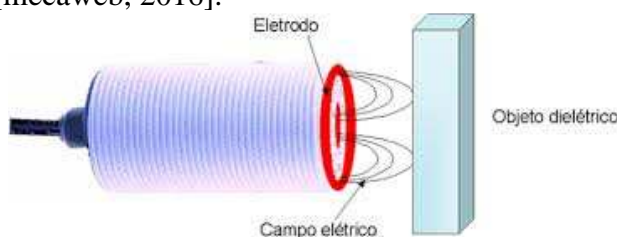


Figura 3 – Sensor de contatos metálico

### 3.4. Sensor Capacitivo de Proximidade

Os sensores capacitivos permitem medir com precisão certo número de grandezas físicas, tais como posição, deslocamento, velocidade e aceleração linear ou angular de um objeto; humidade, concentração de gases enível de líquidos ou sólidos; força, torque, pressão e temperatura; mas tambémpermite detectar, a proximidade de objetos, a presença de água e de pessoas, etc.[Mendes, 2013].

Seu funcionamento baseia-se no princípio da mudança de frequência de oscilação de um circuito ressonante com a alteração do valor de capacitância formada pela placa sensível e o ambiente, devido à aproximação de um corpo qualquer. Esta capacitância pode ser alterada, praticamente por qualquer objeto que se aproxime do campo de atuação do sensor. [mecaweb, 2016].



**Figura 4- Funcionamento do sensor capacitivo [Cicero 2003]**

Existe uma grande variedade de aplicações que utilizam sensores capacitivos, de forma discreta ou integrada. Por exemplo, são comuns os sensores capacitivos de pressão, de aceleração, de fluxo de gases ou líquidos, de umidade, de compostos químicos como o monóxido de carbono, dióxido de carbono, de temperatura, de vácuo, de nível de líquidos, de força, de deslocamento, etc., uns detectando as variações na espessura do dielétrico, outros na constante dielétrica.[Mendes, 2013].

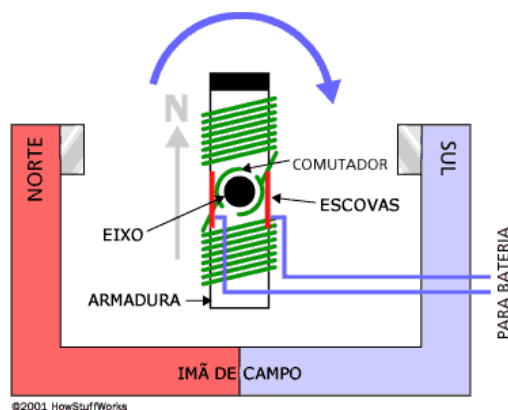
As vantagens no uso desse tipo de sensor são o funcionamento em quaisquer condições de ambiente, acionamento sem contato físico (existe uma distância mínima entre o sensor e o dispositivo a ser detectado que é suficiente para comutá-lo), alta durabilidade, manutenção praticamente inexistente e alta velocidade de comutação.

### 3.5. Motor Corrente Contínua

Os motores CC (Corrente Contínua) ou motores DC (*Direct Current*, significa Corrente Direta), como também são chamados, são dispositivos que operam aproveitando as forças de atração e repulsão geradas por eletroímãs e ímãs permanentes. [Instituto Newton C. Braga, 2016]

Na maioria dos motores elétricos de corrente contínua, o rotor é um “eletroímã” que gira entre os polos de ímãs permanentes estacionários. Para tornar esse eletroímã mais eficiente o rotor contém um núcleo de ferro, que se torna fortemente magnetizado, quando a corrente flui pela bobina. O rotor girará desde que essa corrente inverta seu sentido de percurso cada vez que seus polos alcançam os polos opostos do estator. O modo mais comum para produzir essas reversões é usar um comutador.

A velocidade de rotação em um motor corrente contínua é diretamente proporcional à tensão de armadura  $U_t$  (rotor) e inversamente proporcional à corrente de campo  $I_c$ .



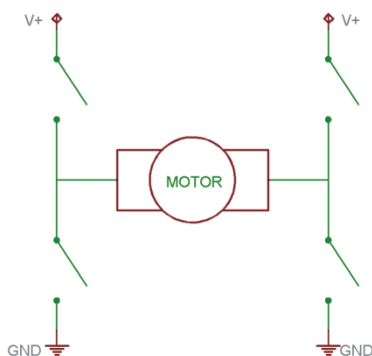
**Figura 5–Peças de um motor elétrico [Marshall Brain, 2016]**

Portanto, é necessário algum tipo de proteção para evitar aceleração excessiva (disparo) do rotor quando há uma diminuição ou, pior ainda, interrupção da corrente de campo.

### 3.6 Ponte H

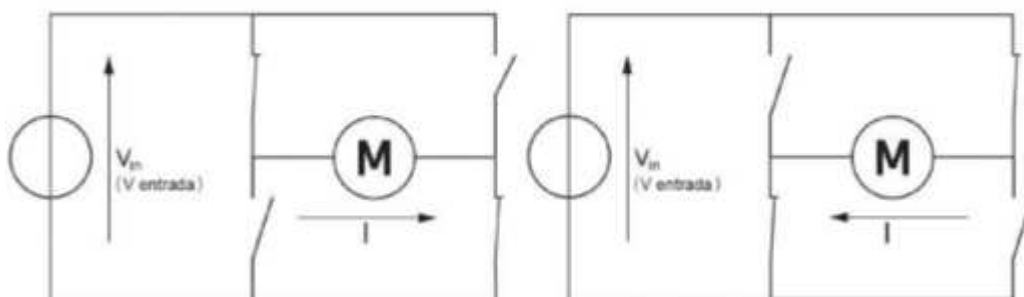
“Apesar de não ser tão conhecida, um dos circuitos mais importantes na elaboração de sistemas automatizados é a ponte H. Trata-se de um circuito utilizado para controlar um motor DC a partir de sinais gerados por um microcontrolador.” [Patsko, 2006]

Permitindo assim o controle do sentido do giro, juntamente com a potência e a velocidade do mesmo. Recebeu esse nome devido a similar aparência com a letra H do alfabeto se fechado todos os circuitos como mostra a figura 6.



**Figura 6- Representação de uma Ponte H [Patsko, 2006]**

O circuito utiliza chaves para que a corrente percorra o motor essas chaves são acionadas de forma alternada. Fazendo assim com que a corrente percorra o motor hora por um sentido hora por outro como pode ser visto na figura 7.



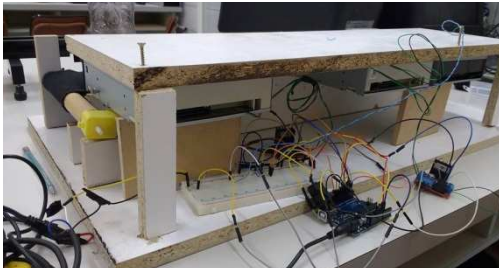
**Figura 7- Ponte H [McRoberts,2010]**

O circuito responsável pelo controle do motor é composto por duas Pontes H, no lugar de chaves são utilizados transistores [McRoberts, 2010].

Entre os variados tipos de chips disponíveis no mercado. O escolhido para este trabalho foi o L298n que é uma Ponte H dupla é uma das vantagens do uso desses CI é o menor espaço ocupado, a baixa complexidade do circuito e o fato de ele já possuir dois circuitos H, podendo assim, controlar dois motores.

#### **4.Projeto e Implementação:**

A estrutura base foi cortada em madeira duas madeiras de 10X50 e uma de 12X44, como roletes foram usados cabo de vassoura e no tecido lona de sofá. Conforme as Figuras 8 e 9:



**Figura 8 – Estrutura Esteira 01**



**Figura 9- Estrutura Esteira 02**

Neste projeto foram utilizados um sensor de contatos metálicos e dois sensores capacitivos. O sensor de contatos metálicos não possui aferição, pois é capaz de detectar apenas objetos metálicos. Os sensores capacitivos são capazes de detectar uma grande variedade de materiais. Estes sensores são dotados de um pequeno potenciômetro (*trim-pot*) na parte posterior à face sensora, para ajustar a sensibilidade de sensoriamento. [Takeuti; Werneck, 2015]



**Figura 10 - Potenciômetro para aferição do sensor.**

Para a aferição correta dos sensores é necessário conhecer as propriedades de permeabilidade magnética de cada material, quanto menor a permeabilidade magnética do material, maior será a sensibilidade ajustada [Ehiara; Silva, 2014]. Os dois sensores capacitivos são ajustados para os materiais: vidro e plástico.

Para iniciar a aferição, todos os sensores foram posicionados em sua faixa máxima de detecção, ou seja, para que ficassem ativos apenas com a presença do ar e após este procedimento, os objetos de cada tipo específico foram aproximados da face detectora e o potenciômetro foi rotacionado para a esquerda até que os objetos fossem reconhecidos.

O motor CC (Corrente Contínua) responsável pelo giro da esteira está ligado nos pinos digitais 5 (cinco) e 3 (três) e é acionado através de um botão ligado ao pino digital 12 (doze).

Ao pino digital 4 (quatro) e 2 (dois) está ligada a gaveta responsável pela retirada do vidro da esteira, ela é acionada ao receber o sinal maior que 500 (quinhentos) do sensor capacitivo previamente calibrado para detectar vidros. O mesmo foi ligado ao Arduino com um divisor resistivo para ajustar o nível de saída do sensor de 14 volts para sair 5 volts. O sensor capacitivo responsável pela detecção do vidro foi ligado ao pino analógico 0 (zero).

O segundo sensor capacitivo conecta-se do mesmo modo que o primeiro através de um divisor resistivo para regular a saída da tensão do mesmo, ligado assim ao pino analógico 1 (um). Que ao receber sinal maior que 500 (quinhentos) aciona o drive responsável pela retirada dos materiais plásticos da esteira e esta ligado a segunda ponte H nos pinos 6 (seis) e 7 (sete) do Arduino.

O sensor de contatos metálicos encontra-se ligado ao pino digital 13 do Arduino, assim quando o estado do sensor for 1 haverá corrente e os metais são identificados. Acionando os motores ligados a ponte H no pinos 8 (oito) e 9 (nove).

O tecido utilizado como meio transportador na esteira é o lona de caminhão. As características que permitiu a escolha por este tecido foram: alta resistência à tração; é leve e é um material biodegradável. Para esta aplicação o tecido foi confeccionado com 11 cm de largura e 50 cm de comprimento.

As gavetas de *drives* de CD/DVD foram utilizadas como atuadores na parte superior da esteira e tem a função de retirar o material, separando-os conforme identificação de cada material (Figura 11).



**Figura 11 – drives de CD usados como atuadores**

Para o acionamento do motor de cada drive foi feita uma programação para rotacionar o motor abrindo e fechando a gaveta, com o intuito de empurrar o material para fora. No primeiro bloco é aberta a gaveta girando o motor em um sentido, após *delay* de mil milissegundos (um segundo) o motor é girado em sentido oposto fechando a gaveta e depois de um segundo é desligado. A função é a mesma para cada um dos 3 drives mudando apenas a pinagem dos motores. Na Figura 12 pode ser observado a programação descrita.

```
void Dvidro() {  
    /*abrir gaveta */  
    digitalWrite (IN4, LOW);  
    digitalWrite (IN3, HIGH);  
    delay (1000);  
    /*fechar gaveta*/  
    digitalWrite (IN4, HIGH);  
    digitalWrite (IN3, LOW);  
    delay (1000);  
    digitalWrite (IN4, LOW);  
    digitalWrite (IN3, LOW);  
}
```



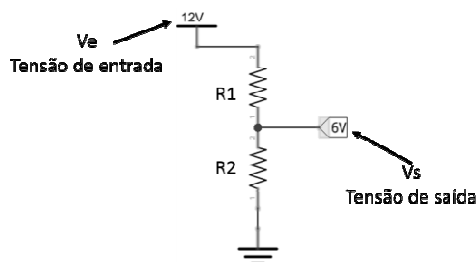
### Figura 12 – programação usada para acionar gavetas dos drives de CD/DVD

O motor CC foi utilizado para girar os roletes feitos de cabo de vassoura que dão movimento a esteira. Na programação do motor a saída do sinal foi usado *PWM*, do inglês *Pulse Width Modulation*, é uma técnica utilizada por sistemas digitais para variação do valor médio de uma forma de onda periódica. A técnica consiste em manter a frequência de uma onda quadrada fixa e variar o tempo que o sinal fica em nível lógico alto. Esse tempo é chamado de *dutycycle*, ou seja, o ciclo ativo da forma de onda. Assim torna-se possível o controle da velocidade do giro. No código da figura 13 observa-se a programação do motor onde a velocidade mínima é representada pelo valor 0 e a máxima 255, porém para melhor funcionamento foi ajustada a velocidade para 230.

```
if(buttonState==HIGH) {  
  analogWrite(IN1, 230);  
  analogWrite(IN2, 0);  
}  
else{  
  analogWrite(IN1, 0);  
  analogWrite(IN2, 0);  
}
```

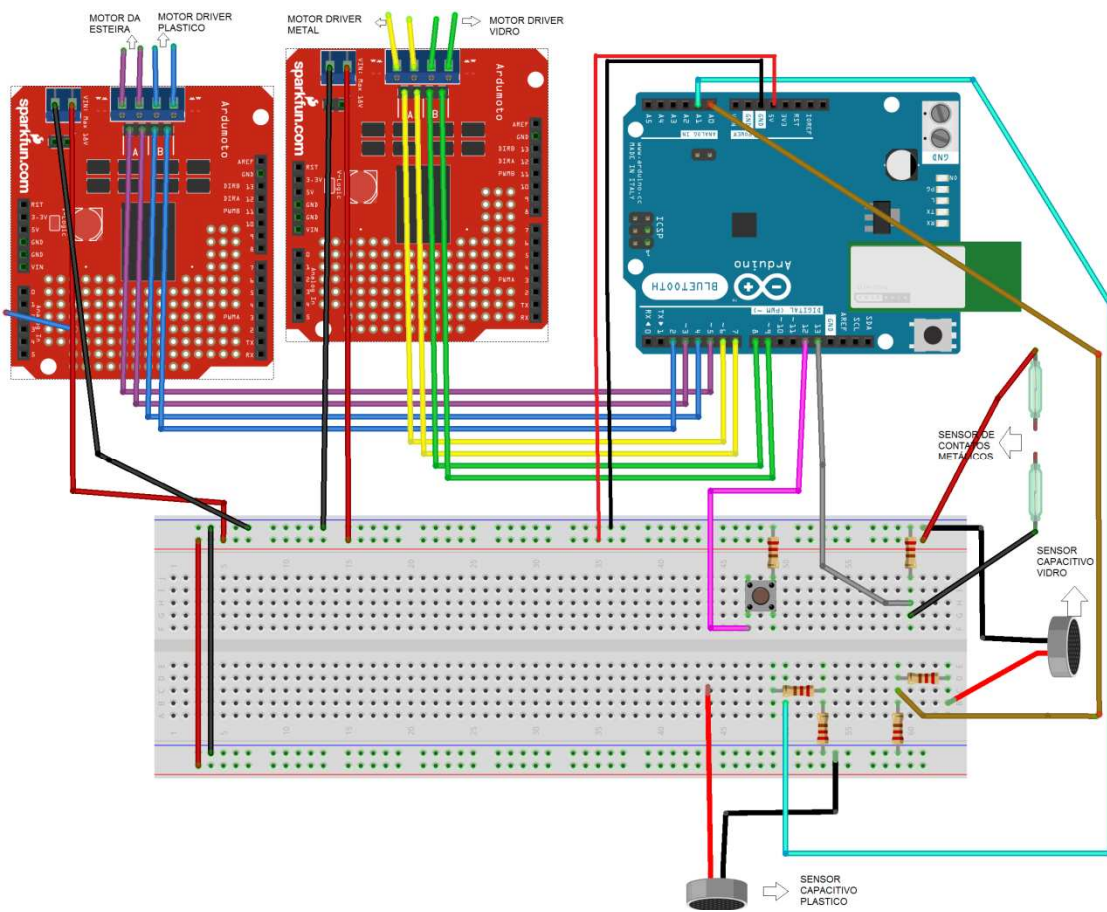
### Figura 13 –Programação do motor CC

O Arduino recebe uma tensão máxima de 5V, no entanto os sensores capacitivos funcionam com uma tensão mínima de 14V. Para haver uma conexão segura, foi desenvolvido um divisor resistivo para equalizar as tensões. Conforme Figura 16, o mesmo consiste em 2 resistores de 90k ligados em série entre os terminais positivo e negativo de uma fonte de alimentação e na junção entre os resistores é obtida uma tensão menor [nerdeletrico,2011]. Foi ajustado para que a tensão máxima entre a junção do resistor e o terra não ultrapasse os 5V.



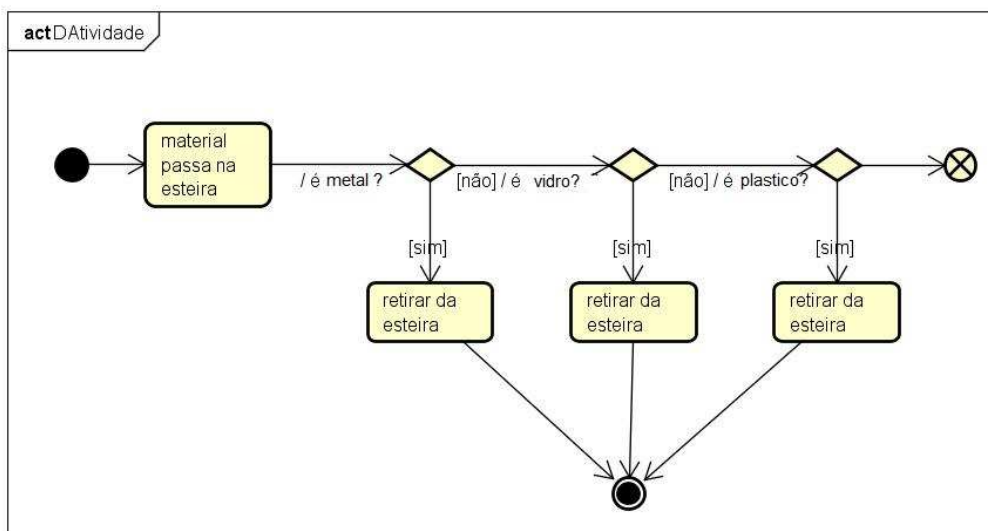
### Figura 14- divisor resistivo de tensão[vandertronic, 2015]

A figura 15 representa a montagem do protótipo, com os componentes utilizados:

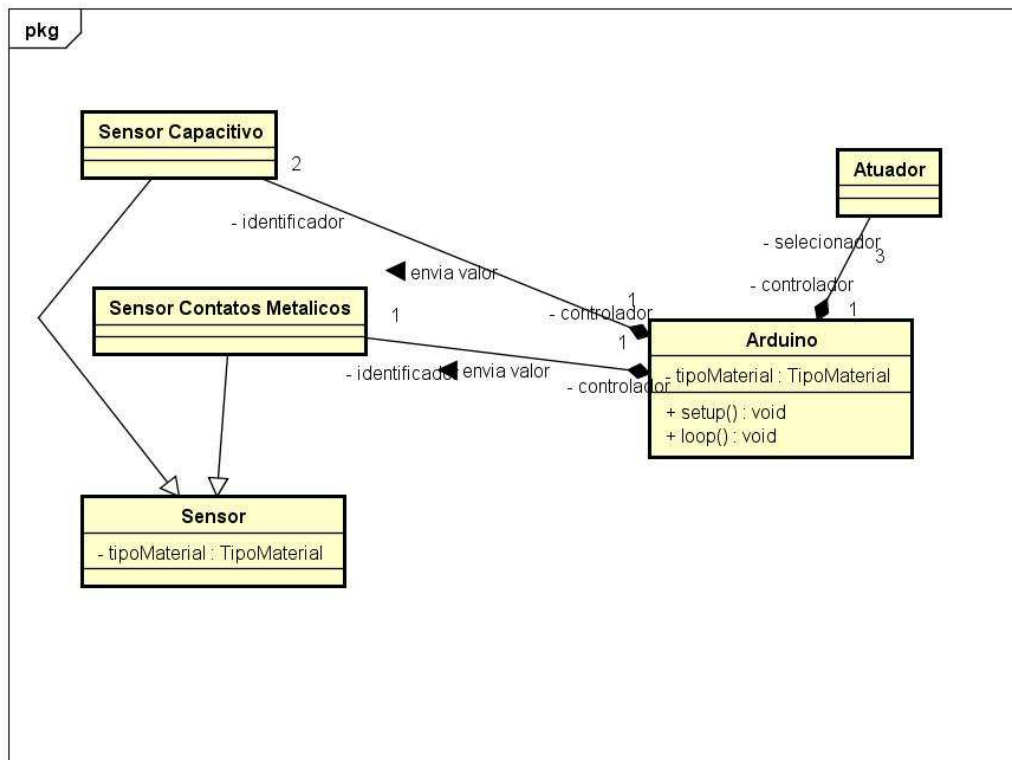


**Figura 15 – Esquema Fritizing Montagem Protótipo**

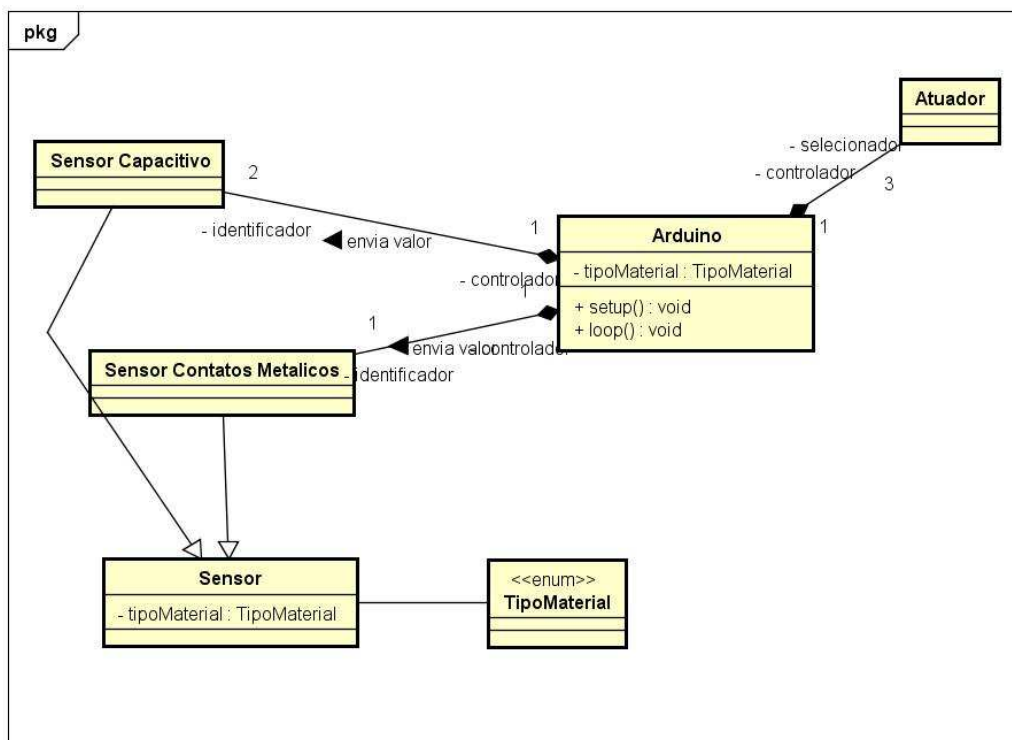
A Figura 16 mostra o diagrama de atividades da programação desenvolvida no arduino para controle do sistema.



**Figura 16 – Diagrama de atividades da esteira**



**Figura 17 – Diagrama de dominio da esteira**



**Figura 18 – Diagrama de dominio da esteira**

Durante a montagem e testes da esteira foi possível fazer adequações no projeto para chegar à configuração final. Verificou-se a necessidade de:

- Inverter a posição dos sensores na estrutura da esteira para que o metal seja detectado primeiro e posteriormente o vidro e plástico devido ao sensor capacitivo detectar o material levando em conta a densidade do mesmo e o metal possuir densidade maior. E ordem dos sensores capacitivos segue a mesma logica portanto o vidro precisa ser detectado antes do plastico, pois todo material com densidade maior que o plástico será detectado.

- Utilizar materiais de alta densidade, visto que não foi possível detectar objetos com baixa densidade (como nos testes com garrafas pet mais finas, ver item 5). Após ajustes foi possível finalizar a montagem, conforme mostra a Figura 17 e iniciar os testes de repetibilidade.



**Figura 19 - Esteira completa**

## **5. Análise Resultado**

O primeiro teste realizado, foi observado que alguns objetos plásticos não estavam sendo detectados devido à velocidade com que passavam na esteira. Para confirmar os problemas verificados, foram repetidos os testes com a velocidade de rotação do motor ajustada.

No segundo, foi ajustada a sensibilidade do sensor plástico, e apresentou maior qualidade na detecção. No terceiro teste, foi observado que alguns objetos não eram detectados devido ao modo na qual foram posicionados na esteira, algumas garrafas plásticas possuem uma curvatura que diminui a área de detecção ou possuem um material plástico de menor densidade dificultando a detecção.

Para as latas de metal observou-se que a pintura interfere na condutividade elétrica do sensor, tornando o material isolante o qual foi possível comprovar com a utilização de um multímetro. Sendo assim alterada a posição dos objetos metálicos colocados na esteira (latas deitadas, Figura 18) e 100% dos objetos que passavam pelo sensor, foram detectados e separados. Objetos plásticos do material PET (PoliTereftalato de Etila) de menor densidade, não foram detectados em nenhum dos testes.

Já no quarto teste, os objetos plásticos do tipo PET de menor densidade foram retirados, e foi obtido 100% de êxito na separação dos objetos. Com o vidro não houve

problemas na detecção e foram feitos testes com materiais de diferentes cores. Obtendo assim 100% de êxito na detecção desse tipo de material pelo sensor. A esteira, após os ajustes foi submetida ao teste de repetitividade, onde foram adicionados sobre a esteira materiais de diversos tamanhos e densidades em 5 etapas. Estes materiais foram colocados sobre a esteira em movimento, um a um com um distancia de aproximadamente 30mm um do outro, intervalo necessário para a leitura e acionamento dos atuadores. Verificando assim a confiabilidade dos sensores em uso.

Testes	Problema	Solução
1	Objetos não detectados pelos sensores capacitivos devido a velocidade da esteira	Contolar a velocidade da esteira atraves da função PWM do arduino
2	Alguns objetos plasticos não foram detectados pelo sensor capacitivo	Ajuste fino na calibração do sensor
3	Alguns objetos plasticos não foram detectados pelo sensor capacitivo devido a curvatura do material, posicionamento na esteira e densidade do plastico	Foram retirados materiais de menor densidade
4	Latas não detectadas pelo sensor de contatos metalicos devido ao isolamento causado pela pintura	Mudar o posicionamento das latas para que o sensor encoste no fundo onde não possui tinta
5	Objetos não são retirados da esteira( trancados) devido a distancia entre eles	Aumentar a distancia entre os objetos para 30cm

Sendo assim o Metal obteve 95% de detecções corretas; Plástico obteve 80% de detecções corretas e vidro 100% de detecções corretas. Resultados dos testes com uma média de 91,6% de acertos.



**Figura 20- posição das latas para melhor detecção.**

## **8. Conclusões e recomendações para a melhoria do projeto**

O presente trabalho mostrou uma alternativa para a seleção de materiais recicláveis, através do protótipo de uma esteira seletora automatizada capaz de reconhecer e separar três tipos de materiais recicláveis (alumínio, plástico e vidro). A esteira é controlada por uma placa de prototipagem Arduino, a mesma realiza a identificação do tipo de material através dos sensores capacitivos (vidro e plástico) e de um sensor de contato metálicos, o metal. O acionamento dos materiais para destinar de forma correta os objetos foi utilizado como atuadores drives de CD. Após a fase de implementação, testes foram realizados e mostraram que o protótipo é eficiente atingindo mais de 90% de acertos. Como os resultados foram satisfatórios acredita-se que com os devidos ajustes o projeto pode ser implementado para atender as

necessidades do mercado, tendo em vista que com sua aplicação se tem um ganho significativo na produção e aumento na segurança dos utilizadores, sendo que estes não terão contato físico com os materiais.

Com base no desenvolvimento deste estudo existe a possibilidade de implementação de algumas melhorias, colocação de outro sensor de contatos metálicos na lona da esteira, garantindo que o sensor detectará independente do isolamento da lata. Redimensionar o tamanho dos atuadores, fazendo com que a distância entre os objetos possa ser reduzida.

Estudar a utilização de novos sensores que são capazes de identificar com maior exatidão as matérias PET de menor densidade. Estudar um alimentador automatizado para a colocação de objetos na esteira. O presente protótipo foi realizado em escala reduzida. Para viabilizar a sua comercialização recomenda-se uma reavaliação da escala e dos equipamentos utilizados.

## 9. Referências

- Alves Vanderlei, 2015 Divisor resistivo de tensão. Disponível em <<http://www.vandertronic.com/index.php/divisor-resistivo-de-tensao> >Acessado em outubro de 2016
- Angelfire O Microcontrolador e Suas Características. Disponível em:<<http://www.angelfire.com/sc/wagner/Microcontroladores.html>>. Acessado em: 09 nov. 2011.
- Arduino. Arduino. Disponível em <<http://www.arduino.cc>>. Acesso em março de 2016.
- Cabral, Leonardo. Circuito Divisor de Tensão Disponível em <<http://nerdeletrico.blogspot.com.br/2011/04/circuito-divisor-de-tensao.html>> Acesso em agosto de 2016
- Couto Fernando, Cidade Sustentável Lixo Lucrativo, 2012.
- Ehiara, Bruno; Silva, Douglas da; Get al. Esteira Para Separação Automática De Material Reciclado. REGET- Revista Gestão e Tecnologia. Jacareí, SP. Vol.1 ,No 2, (2014) p 39-40, 2014. Disponível em:<<http://www.revista.unisal.br/lo/index.php/reget/article/view/139>>. Acesso em março 2016
- Euarduino. Microcontroladores. 2012. Disponível em <<https://euarduino.wordpress.com/2012/10/25/microcontroladores/>>. Acesso em junho de 2016
- Evans, Martin; Noble, Joshua; Hockenbaum, Jordan. Arduino em Ação. São Paulo: Novatec, 2013. Disponível em: <<https://novatec.com.br/livros/arduino-em-acao/capitulo9788575223734.pdf>>. Acesso em março de 2016.
- Ffonseca automação industrial, Sensor de proximidade capacitivo- sick. Disponível em: [http://www.ffonseca.com/produto.aspx?lang=pt&id\\_object=668554&name=Sensores-de-proximidade-capacitivos---Sick](http://www.ffonseca.com/produto.aspx?lang=pt&id_object=668554&name=Sensores-de-proximidade-capacitivos---Sick)>. Acesso em abril de 2016
- Fração, Adriano de Deus; Bisneto, Gobitsch Bisneto. Mecanismo Autômato Seletor de Materiais. 2014. Disponível em

- <<http://www.pmr.poli.usp.br/sites/pmr.poli.usp.br.euniversidade.com.br/files/TF%200628.pdf>>. Acesso em maio de 2016
- Franco, Marina. Planeta Sustentavel, 2010. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticias/reciclagem-gera-empregos-610410.shtml>>. Acesso em junho 2016
- Marshall Brain, Por dentro de um motor de corrente continua. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/motor-eletrico1.htm>> Acesso em abril de 2016
- McRoberts, Michael. Arduino Básico. Novatec, 2011. Disponível em: <<http://www.fema.com.br/arduino/wp-content/uploads/2014/08/arduino.pdf>>. Acesso em junho de 2016.
- Meca web. Eletrônica Básica. Sensores Capacitivos. Disponível em: <[http://www.mecaweb.com.br/electronica/content/e\\_sensor\\_capacitivo](http://www.mecaweb.com.br/electronica/content/e_sensor_capacitivo)>. Acesso em maio de 2016.
- Mendes, Rodrigo Fiorini. Utilização De Sensores Para Uma Seladora Automática De Tabuleiros De Damas. 2013. Trabalho Final de Graduação. Faculdade de Jaguariúna, São Paulo. 213. Disponível em: <<http://conic-semesp.org.br/anais/files/2013/trabalho-1000015724.pdf>>. Acesso em abril de 2016.
- Newtonbraga. Instituto Newton C. Braga. Como funciona um motor de Corrente Continua. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a>>. Acesso em abril de 2016.
- Outeiro, Miguel Ângelo da Costa Almeida. Influência das estratégias pedagógicas na
- Pastko, Luis Fernando. Tutorial Montagem da ponte H.Maxwell Bohr instrumentação Eletronica.2006. Disponível em: <[http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000\\_kdr5000/tutorial\\_eletronica\\_-\\_montagem\\_de\\_uma\\_ponte\\_h.pdf](http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_montagem_de_uma_ponte_h.pdf)>. Acesso em junho de 2016.
- Reduzir, Reutilizar, Reciclar. EcoD. Disponível em:<<http://www.ecodesenvolvimento.org/noticias/reciclagem-no-brasil-pode-gerar-economia-de-r-8>>. Acesso em junho 2016
- Takeuti, Flavio; Werneck, Marcelo Pinheiro. Esteira seletora de materiais Recicláveis. Revista Ciências Exatas. Taubaté, SP. Vol. 21 ,No 1, (2015) p 9-22, 2015. Disponível em:<<http://periodicos.unitau.br/ojs-2.2/index.php/exatas/article/viewArticle/2199>>. Acesso em março 2016
- Tybusch, D. (2013) “Software Para Descriptografia Múltipla De Dados E Análise Sobre Gpu”, Trabalho Final de Graduação I – Curso de Sistemas de Informação, Centro Universitário Franciscano, Santa Maria – RS.