



ESTEIRA SELETORA DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

Primeiro Autor – Nicoli Vieira Rodrigues
Universidade Federal de Santa Maria
Av. Roraima, 1000 – Camobi.
97105-900, Santa Maria – RS.

Segundo Autor – Alessandro André Mainardi de Oliveira
Centro Universitario Franciscano
R. dos Andradas, 1614 - Centro
97010-032, Santa Maria – RS.

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.

Palavras-chave: Arduino, Reciclagem, Sustentabilidade.

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 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 Herzliya Pituach, 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.

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]



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. 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.

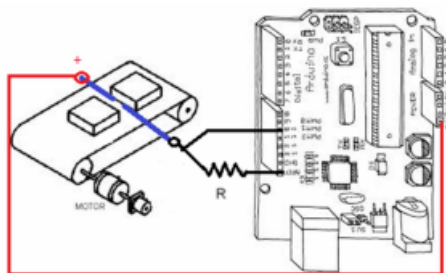
3.3 Sensor Capacitivo de Proximidade

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; umidade, concentração de gases e nível de líquidos ou sólidos; força, torque, pressão e temperatura; mas também permite 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).

3.4 Sensor de Contatos Metálicos

O sensor de contatos metálicos que será desenvolvido para esse projeto tem como base uma corrente elétrica, através da mesma a presença de um objeto metálico será detectada. O funcionamento do mesmo consiste em dois contatos separados 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 o 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



3.5 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.

3.6 Ponte H

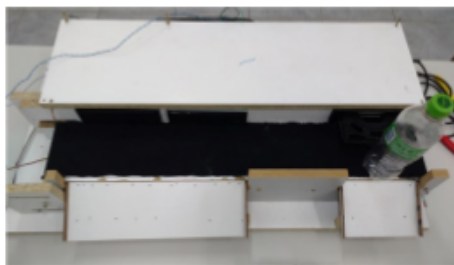
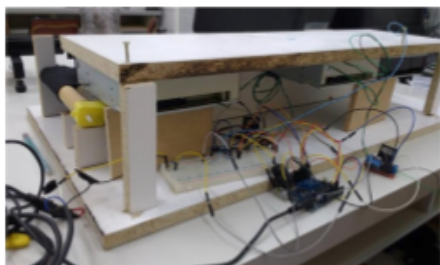
“Apesar de não ser tão conhecida, um dos circuitos mais importantes na elaboração de sistemas automatizados é a ponte H. Trata-se de um circuito utilizado para controlar um motor DC a partir de sinais gerados por um microcontrolador.” [Patsko, 2006] Permitindo assim o controle do sentido do giro, juntamente com a potência e a velocidade do mesmo. Recebeu esse nome devido a similar aparência com a letra H do alfabeto se fechados todos os circuitos.

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 mostra a “Figuras 5”:

Figura 5 – Estrutura da Esteira



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 (trimpot) na parte posterior à face sensora, para ajustar a sensibilidade de sensoramento. (TAKEUTI; WERNECK, 2015).

Figura 6 - 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 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. Conforme “Figura 7”.

Figura 7 – 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.

Figura 8 e 9 – Programação usada para acionar gavetas dos drives de CD/DVD e o motor CC

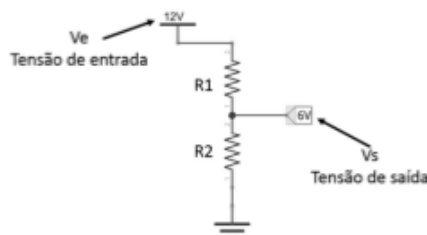
```
if(buttonState==HIGH){  
  analogWrite(IN1, 230);  
  analogWrite(IN2, 0);  
}  
else{  
  analogWrite(IN1, 0);  
  analogWrite(IN2, 0);  
}
```

```
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);  
}
```

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 duty cycle, ou seja, o ciclo ativo da forma de onda. Assim torna-se possível o controle da velocidade do giro. No código 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.

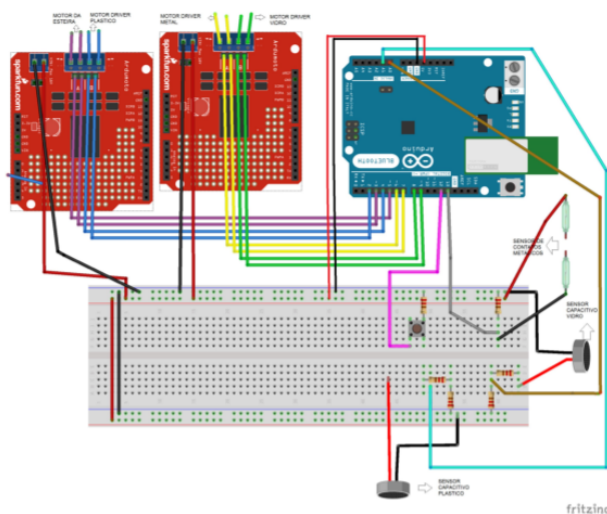
O Arduino recebe uma tensão máxima de 5V, no entanto os sensores capacitivos funcionam com uma tensão mínima de 14V. Para haver uma conexão segura, foi desenvolvido um divisor resistivo para equalizar as tensões. Conforme Figura 16, o mesmo consiste em 2 resistores de 90k ligados em série entre os terminais positivo e negativo de uma fonte de alimentação e na junção entre os resistores extraímos 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 10- Divisor resistivo de tensão(VANDERTRONIC, 2015)



A “Figura 11” representa a montagem do protótipo, com os componentes utilizados:

Figura 11– Esquema Fritzing Montagem Protótipo



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.
- 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 12 e iniciar os testes de receptibilidade.

5. ANÁLISE E 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) e 100% dos objetos que passavam pelo sensor, foram detectados e separados. Objetos plásticos do material PET (Poli Tereftalato 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.

Tabela 1 – Analise de Resultados

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.

6. 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 e 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- EHARA, Bruno; Silva, Douglas da; Get al. Esteira Para Separação Automática De
Material Reciclado. REGET- Revista Gestão e Tecnologia. Jacaré, 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?](http://www.ffonseca.com/produto.aspx?lang=pt&id_object=668554&name=Sensores-de-proximidade-capacitivos---Sick)
[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](http://www.pmr.poli.usp.br/sites/pmr.poli.usp.br.euniversidade.com.br/files/TF%200628.pdf)
[%200628.pdf](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-](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticias/reciclagem-gera-empregos-610410.shtml)
[610410.shtml](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

Joinville/SC – 26 a 29 de Setembro de
2017
UNESC/UNISOCIESC
“Inovação no Ensino/Aprendizagem em
Engenharia”



COBENGE 2017
XLV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

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.

MECAWEB. Eletrônica Básica. Sensores Capacitivos. Disponível em: <
http://www.mecaweb.com.br/eletronica/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.

NEWTONCBRAGA. Instituto Newton C. Braga. Como funciona um motor de Corrente
Continua. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3414-art476a>>. Acesso em abril de 2016.

OUTEIRO, Miguel Ângelo da Costa Almeida. Influência das estratégias pedagógicas na
PASTSKO, Luis Fernando. Tutorial Montagem da ponte H. Maxwell Bohr
instrumentação Eletrônica. 2006. Disponível em: <
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.