

Faculdade de Tecnologia de São Paulo

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS ELETRÔNICOS

**Reciclagem Ascendente De Componentes Eletrônicos Para
Desenvolvimento De Atividades Educacionais**

MAURÍCIO VICENTE TAVARES

São Paulo

2019



MAURÍCIO VICENTE TAVARES

**Reciclagem Ascendente De Componentes Eletrônicos Para
Desenvolvimento De Atividades Educacionais**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
a conclusão do curso Superior de
Tecnologia em Microeletrônica da
Faculdade de Tecnologia de São Paulo

São Paulo

2019

Ficha Catalográfica

De Tavares, Maurício Vicente

Reciclagem Ascendente De Componentes Eletrônicos Para
Desenvolvimento De Atividades Educacionais / Maurício
Vicente Tavares – 2019.

52 f.

Monografia – Curso Superior de Tecnologia em
Microeletrônica – Faculdade de Tecnologia de São Paulo, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Airton Deppman

1. Reciclagem 2. Eletrônicos 3. Metais Preciosos 4. Ensino



TERMO DE APROVAÇÃO

PROF.DR. AIRTON DEPPMAN

PROF. DR^a ANA NEILDE RODRIGUES DA SILVA

PROF.DR. EMERSON ROBERTO SANTOS

Reciclagem Ascendente De Componentes Eletrônicos Para Desenvolvimento De Atividades Educacionais

Aprovada em: ____ / ____ / ____

Prof. Dr. Paulo Jorge Brazão Marcos

Coordenador(a) do curso / Chefe do Departamento de Sistemas Eletrônicos

Prof. Dr. Airton Deppman

Orientador

Prof. Dr^a Ana Neilde Rodrigues da Silva

Avaliadora

Prof. Dr. Emerson Roberto Santos

Avaliador

Dedico à minha querida e estimada e saudosa mãe (*In memoriam*) mais está conquista que muito se orgulharia, ao meu pai e a minha esposa, que sempre acreditaram, além de mim, em meus sonhos.

Dedico também aos “catadores”, Seu Antônio, Maristela, Velinho, todos (*In memoriam*) e Seu Luís. Nos conhecemos fazendo negócios e tornamos amigos, todos em muitos momentos doaram o pão de cada dia quando sabiam o que eu faço. Pela confiança, apoio, tempo dedicado nas conversas e materiais reciclados – Meu muito obrigado!

O trabalho de vocês não foi/será em vão!

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Airton Deppman que depois de tantos anos além de grande amigo agora torna-se mais uma vez meu orientador, que em muitos momentos já foi e é o meu advogado do diabo e assim me forçando a obter o melhor de tudo que eu fiz e faço.

À Faculdade de Tecnologia de São Paulo, pela oportunidade de realizar o curso de Tecnólogo em Microeletrônica.

Aos Professores que detiveram seu tempo para nos ensinar uma das Profissões mais importantes para o desenvolvimento tecnológico de nosso País.

“Quão persistente é o resto.”

Eu 😊

RESUMO

TAVARES, M.V. **Reciclagem De Componentes Eletrônicos, Elétricos e Mecânicos Em Atividades Educacionais. 2019.** Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia de Microeletrônica, como parte das exigências para a obtenção do título de Tecnólogo em Microeletrônica, Faculdade de Tecnologia de São Paulo, 2019.

Neste TCC objetivamos um processo de capacitação de Professores para retrabalharem produtos eletrônicos com a utilização de componentes eletrônicos dos quais são compostos e com eles construir simples equipamentos de medidas e análise para ajudar em suas aulas, ou mesmo como parte da aula com enfoque em CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Usos ao qual chamamos de reciclagem ascendente onde o material reciclado de vez ser destruído para retirada de metais preciosos apenas, optamos por reutilizar e tornar mais precioso o seu uso para obter mais conhecimento e alertar para um Mundo mais consciente do consumo desenfreado que certos produtos e regras de mercado nos afrontam.

Palavra-chave: Reciclagem, Eletrônicos, Ensino, Metais Preciosos

ABSTRACT

TAVARES, M.V. **Recycling of Electronic, Electrical and Mechanical Components in Educational Activities. 2019.** Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia de Microeletrônica, como parte das exigências para a obtenção do título de Tecnólogo em Microeletrônica, Faculdade de Tecnologia de São Paulo, 2019.

In this TCC we aim at a process of teacher training to rework electronic products using electronic components of which they are composed and with them to construct simple measurement and analysis equipment to assist in their classes, or even as part of the CTS (Science, Technology and Society). Uses which we call upward recycling where the recycled material once destroyed for the removal of precious metals only, we choose to reuse and make more precious its use to obtain more knowledge and to alert to a World more aware of the unbridled consumption that certain products and market rules confront us.

Keyword: Recycling, Electronics, Tracer Curve, Arduino, Education, Precious Metals

Lista de Figuras

Figura 1	— E-mail recebido de suposta empresa especializada.....	19
Figura 2	— Processo industrial baseado em economia circular.....	20
Figura 3	— Detalhe do Diodes' Reports - 13/05/2019.....	23
Figura 4	— Fonte de PC genérica desmontada.....	25
Figura 5	— Lote de scanners comprados no Mercado Livre.....	28
Figura 6	— Montagem experimental – Termistor.....	30
Figura 7	— Gráfico de Steinhart-Hart para calibração do termômetro.....	31
Figura 8	— Esquema do circuito para obtenção de dados.....	32
Figura 9	— Histograma (vermelho) e curva de distribuição normal (azul).....	33
Figura 10	— Amplificadores RRIO - LM6142 e LT1364.....	35
Figura 11	— Montagem completa - com pinças para segura componentes....	36
Figura 12	— Gráfico para plotar a Caracterização de Curvas BJT.....	36
Figura 13	— Traçador de Curva MOS/BJT/FET/Diodo/LED.....	37
Figura 14	— Curva Característica dos Leds.....	39
Figura 15	— Curva Característica do 1N4007 e 1N4148.....	40
Figura 16	— Curva Característica do BC548.....	40
Figura 17	— Curva Característica do BC557.....	41
Figura 18	— Curva Característica do IRF530.....	41
Figura 19	— Curva Característica do IRF9540.....	42
Figura 20	— Convite para o dia da ocupação YOUSE.....	50
Figura 21	— Competição de robótica YOUSE.....	51

Lista de Tabelas

1	Metais raros - Valor do CI.....	27
2	Dados da temperatura corpórea.....	52
3	Classes da distribuição dos dados da temperatura corpórea....	52
4	Datasheet (Folha de dados) do termistor.....	54

Lista de abreviaturas e siglas

Upward recycling	Reciclagem ascendente
Downcycling	Reciclagem descendente
CI	Circuito integrado
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
PBDE	Éteres Difenílicos Polibromados
TL494CN	Circuito de controle de modulação por largura de pulso
LA6339	Comparador quadruplo de alta performance
ULN2803	Matriz de transistores Darlington
MC74HC00	Porta NAND de 2 entradas quadrupla
MC74HC08	Porta AND de 2 entradas quadrupla
MC74HC244	Driver de <i>buffer</i> /linha de 8 bits com saídas de 3 estados
MC74HC245	Transceptor de 8 bits com saídas de 3 estados
M24512	EEPROM de 512-Kbit serial I ² C bus
MOSFET	Acrônimo de Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
IRF530	Transistor N-MOSFET 100V 14A
IRF644	Transistor N-MOSFET 250V 14A
IRF830	Transistor N-MOSFET 500V 4.5A
IRF9540	Transistor P-MOSFET 100V 19A
LM7805	Regulador de tensão 5V
LM7812	Regulador de tensão 12V
FDMS3572	Transistor N-MOSFET 80V 22A
RRIO	<i>Rail-to-rail input output</i>
LM6142	Amplificador operacional RRIO de 17MHz
LT1364	Amplificador operacional RRIO de 70MHz
1N4007	Diodo retificador 1N4007 1000V 1A
1N4148	Diodo retificador 1N4148 100V 200mA
BC548	Transistor NPN 30V 100mA
BC557	Transistor PNP 45V -100mA

SUMÁRIO

1	Introdução.....	14
1.1	Motivação.....	14
1.2	Objetivos.....	16
1.2.1	Economia Circular.....	19
2	Desenvolvimento.....	21
2.1	Sobre os Componentes Eletrônicos.....	24
2.2	Arduino Salva o Ensino de Ciências?.....	28
2.3	Aplicação prática.....	29
2.3.1	Temperatura corpórea.....	29
2.3.2	Traçador de Curvas – Transistor/Led/Diodo.....	34
2.3.2.1	Curva Característica dos Leds.....	39
2.3.2.2	Curva Característica dos 1N4007 e 1N4148.....	39
2.3.2.3	Curva Característica do transistor NPN – BC548....	40
2.3.2.4	Curva Característica do transistor PNP – BC557....	40
2.3.2.5	Curva Característica do N-Mosfet – IRF530.....	41
2.3.2.6	Curva Característica do P-Mosfet – IRF6540.....	41
3	Conclusão.....	43
	Referências.....	45
	Apêndice.....	50
	Anexo.....	53

1 Introdução

1.1 Motivação

A escolha do título – *Reciclagem Ascendente De Componentes Eletrônicos Para Desenvolvimento De Atividades Educacionais* – refere-se a um dos pontos cruciais da sociedade moderna na busca pelo que se conceitua atualmente por Sustentabilidade, onde a busca pelo ecologicamente correto, economicamente viável e socialmente justo é almejado.[1]

Assunto recorrente na mídia, reciclagem é muito falada, mas pouco entendida e compreendida. É fácil ver pessoas que praticam artesanatos na televisão e em feiras, dizendo que estão fazendo o bem para natureza ao trabalhar com garrafa pet, ou uma lata de alumínio, mas não sabem na verdade, o quanto estão tornando inviável o aproveitamento daquele material. O mesmo acontece com indústrias, que por muito tempo produziram resíduos e agora querem lucrar com ele, mas apenas estão apurando aquilo que se tornará resíduo e este sim inutilizável, pois esses resíduos na maioria das vezes são repassados para empresas de porte cada vez menor, com menores chances e sem poder financeiro e tecnológico de evitar que esses resíduos entre no fadado ciclo dos lixões ou incineradores. A reciclagem que tantos apoiam é na verdade um rebaixamento no ciclo de vida de um material, reciclagem descendente. A busca pelo descarte zero é o almejado, desde o uso de sacolas não descartáveis no supermercado, até o uso de resíduos em sua totalidade com a busca de parceiros que realmente saibam como trabalhar com ele.

Segundo GABRYS [2],

“o processo de salvamento precede a reciclagem, como uma forma de retirar das máquinas quaisquer peças operacionais e materiais prontos para transformação e retornar ao status de matérias-primas (relativamente). Materiais e componentes distintos são extraídos de eletrônicos, dos chips cobre e ouro. Trabalhadores do lixo em países em desenvolvimento empregam martelos para esmagar tubos de raios catódicos para extrair cobre; aquecem as placas de circuito para remover os chips; mergulham essas mesmas placas em banhos ácidos para remover o ouro; extraem motores de impressoras; enchem os cartuchos de impressão; quebram e lascam plástico para derreter e recuperar; retiram e queimam fios de PVC para extrair cobre ou alumínio; separam os discos rígidos para recuperar cobre, alumínio e ímãs. A reciclagem marca a transferência desses itens recuperados de volta à produção, onde os metais, os plásticos e os componentes de trabalho são reintegrados nos circuitos sem forma, de maneira pela qual as mercadorias se tornam reformadas.”

Reciclagem é um problema de todos, mas principalmente dos Professores de Ciências, pois dispõe de todo arcabouço para fazer os alunos e comunidade compreenderem, o quanto não reciclar prejudica a todos. As formas de se abordar o assunto pode tomar todos os vieses dos romanceados aos tecnológicos, mas a técnica é a prova, que a comunidade tem de cobrar não só de si, mas também dos seus governantes, mas os Professores de Ciências têm seus problemas.

Em reforma do currículo escolar pedida por alguns educadores e políticos e da própria UNESCO, na Conferência Internacional do Meio Ambiente e Sociedade no ano de 1999, segundo eles [3]:

“... Prestar maior atenção aos currículos escolares em ciências humanas e em ciências sociais. As ciências naturais proporcionam importantes conhecimentos abstratos sobre o mundo, mas em si mesmas não são uma contribuição para os valores e para as atitudes em que o desenvolvimento sustentável deve estar fundamentado.”

Como professor temporário em escolas estaduais da Zona Norte da Capital de São Paulo, nos últimos anos, foi possível participar ativamente dos Encontros USP-Escola chegando a ajudar da organização dos 8º e 9º Encontros. Nestas duas atividades, foi possível obter material para compreender o que faltava/falta no ensino de Ciências com relação a materiais e métodos no seu ensino. Às diversas formações dos Professores de Ciências – Física, Química, Biologia este último a grande maioria, o ensino com tecnologia em alguns momentos passa, a ser um entrave para o bom desenvolvimento das aulas.

Em uma pesquisa realizada no 9º Encontro do USP-Escola [4], os Professores ao participarem de eventos deste tipo procuram:

- 85% - Aprender melhores práticas de ensino para aplicar em sala de aula;
- Trocar experiências didáticas;
- Buscar nova formação profissional;
- Aprimorar os conhecimentos para aplicar na Diretoria de Ensino;
- Evolução pessoal;
- Interação com outros professores de outras áreas de conhecimento;
- Manter a formação continuada.

Nos dias dos eventos foi possível constatar em conversas informais realmente os dados da pesquisa, pois os colegas que lecionavam Ciências eram em grande parte da área de biológicas e buscavam aulas com conteúdo de física, química para

suprir suas falhas de formação e o mesmo para aqueles das áreas de exatas na área de biológicas, mas em sua grande maioria pude perceber o pouco domínio das tecnologias de informação e também o desconhecimento de novos instrumentos tecnológicos, tanto de eletrônica como de robótica em educação, o que acabava por ser um empurrão para que as aulas deles focassem exatamente em sua área de conforto que era de sua formação.

O que pode ser acompanhado nestes últimos, anos foi que nas escolas que existiam alguns movimentos na área de Robótica eram Professores fora da área de formação em Ciências, como, Matemática, Educação Artística e até mesmo de Português, a capacitação fora conseguida em cursos rápidos fornecidos pelos vendedores de kits de robótica, e já nestes dois últimos anos, passou a ser fornecido pela própria Secretaria de Educação pela Escola de Formação e Aperfeiçoamento dos Professores do Estado de São Paulo, mas ainda apenas para escolas com o regime integral [5].

A iniciativa, apesar de atingir poucas escolas já vislumbrava o que vinha pela frente, que era a utilização de plataformas de computação física, como o Arduino e todos os programas relacionados a ele, tudo isso pelo movimento *Maker* que atualmente, se apresentam como inovação em áreas, não somente de ensino como de desenvolvimento profissional [6].

E é aqui que começa nossa intervenção.

1.2 Objetivos

O objetivo deste TCC é que, ao se utilizar um sistema como o Arduino que apesar de ser uma plataforma de baixa aquisição comparada com o Lego e o Modelix, entre outros, a quantidade de acessórios acaba por tornar o custo elevado e restringindo o acesso de alunos, principalmente de baixa renda familiar, ao fascinante mundo da Eletrônica e Mecatrônica.

O propósito é a utilização da plataforma Arduino, mas com alguns acessórios de baixo custo, construídos pelo próprio Professor, e, até mesmo pelos alunos, mas levantando a bandeira da sustentabilidade e a importância do consumo consciente de produtos, não só eletrônicos, mas de quaisquer outros que possam vir a gerar resíduos futuros.

O uso de componentes eletrônicos que compõem os produtos eletrônicos é para os Professores de Ciências uma verdadeira caixa preta, cheia de “pecinhas coloridas”, “pecinhas pequeninas”, “formas curiosas”, mas também de medo ao tentar

ligar estes equipamentos sem nenhuma tampa, com todo o circuito amostra. Mesmo desligado, apresentam certo repúdio e desconfiança em tocar as partes internas dos equipamentos que há muito já não funcionam, e, também todo acúmulo de pó que a estes acompanham. Neste ponto, tenho que concordar com o perigo do acúmulo de pó existente em equipamentos eletrônicos [7], que é perigosa não só para vias respiratórias, como por alguns contaminantes, devido aos vazamentos de alguns componentes, em especial aos capacitores, e quanto mais antigos mais perigosos. Além dos materiais utilizados em sua fabricação, que apesar de hoje não serem mais utilizados, falando-se em termo de reciclagem e que isto implica em receber/encontrar materiais antigos, que não se preocupavam com a utilização destes em sua época, como o uso de plástico PBDE, utilizado como retardante contra chamas. E com isso, exigindo um certo cuidado em seu manuseio.

Outro grande problema encontrado na maioria das escolas públicas é que elas estão desprovidas de equipamentos de análises e testes nos laboratórios de Ciências. Sem dizer que os currículos da formação de Professores em Licenciatura em Ciências não contemplam o aprendizado de eletrônica, de forma como deveria de ser, pois o único contato, quando possuem, é durante a aula de física em eletricidade e não tendo nenhum experimento pratico mais profundo, ou seja, ensina-se apenas o famoso trio resistor-diodo-capacitor e, claro, do processador de computador, e mesmo assim de forma apenas alusiva a algum assunto do momento relativo a novas tecnologias.

Dessa forma, lembrando qual vertente o Professor de Ciências possuir (Física, Química, Biologia) e até mesmos os com currículos mais unificados, o entendimento do que é um componente eletrônico e como utilizá-lo é praticamente nulo. E pior ainda é ter acesso ao componente e não saber se este está em condições de uso, já que a partir da coleta do material eletrônico o próximo passo é saber identificar, retirar, testar, guardar e desenvolver projetos interessantes para uso.

Assim, o compromisso desse TCC é desenvolver e criar um simples equipamento de teste e análise que possa ajudar o Professor a encontrar componentes, sejam eletrônicos ou não, mas que ainda possam ser utilizados. Além do mais, o manuseio das placas, o reconhecimento de componentes, formas de encapsulamento, técnicas de solda e dessolda, fazem parte do aprendizado que se propõe.

Este trabalho não se preocupa em construir robôs, traquitanas tecnológicas, mas em recuperar componentes, que, sem eles, nada disso seria possível montar, já

que mesmo em alguns casos, o acesso a tais componentes não seria nada fácil, ou, até mesmo impossível, pois em alguns casos a venda de certos componentes, ou é feita apenas em grandes lotes, ou diretamente para determinadas empresas, e mesmo que encontre esses em lojas especializadas, o seu preço final para o consumidor, por muitas vezes, é extremamente elevado. Com exceção daqueles componentes que têm sua marcação mascarada, raspada, todos os outros são reutilizáveis em novas montagens, sem levar em consideração as outras partes que não envolvem meios eletrônicos que o acompanham.

E, finalmente, chegamos ao principal momento: O porquê de reciclar componentes eletrônicos.

A preocupação Mundial com a reciclagem de resíduos é assunto que em qualquer lugar, trabalho, escola, em casa, torna-se cada dia mais inevitável. Mas, ainda assim, a prática está muito longe da teoria. Por mais que se fale, mostre imagens fortes que impactam no emocional como plástico nos oceanos e animais mortos pelo seu consumo; lixões em cidades que não suportam mais o lixo, sem dizer os acidentes que acabam por acontecer como na cidade de Guarulhos, recentemente [8].

Com os aparelhos eletrônicos não seria diferente, com essa velocidade de novas tecnologias, que acabam por “enterrar” vinis, fitas cassetes, CDs, Disquetes, DVDs, Blurays, instrumentos estes que eram usados para reproduzi-los acabam sendo descartados de diversas formas, sendo a pior e mais nociva ao meio ambiente, quando jogados diretamente no lixo tradicional. Temos, ainda, computadores antigos, toda sorte de acessórios para computadores, utensílios de cozinha e banheiro, acessórios automobilísticos, e o mais novo e desprezado de todos os celulares e notebooks. Sem falar nos monitores de tubo, os LCDs e LEDs (monitores, TVs), já fontes, cabos, fones de ouvido etc.

O Brasil já dispõe de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), mas que, infelizmente, ainda encontra muitos entraves, tanto políticos como econômicos, como afirma Uanderson Rébula de Oliveira [9]:

Apesar das expectativas, a PNRS, por si só, tem sido incapaz de motivar a implementação dos sistemas de logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil. Há deficiências e entraves para a melhoria de seu desempenho, como exemplo, a falta de empresas para a reciclagem tecnicamente e legalmente adequadas; a escala continental do país; a falta de infraestrutura nas regiões afastadas dos

centros urbanos; as poucas opções modais; e as disparidades tributárias entre os estados, entre outros.

E continua:

...os resíduos eletroeletrônicos são compostos por substâncias altamente tóxicas e por metais preciosos e raros. Estima-se que os resíduos descartados no mundo, apenas no ano de 2014, contenham cerca de 16,5 milhões de toneladas de aço, 1,9 milhão de tonelada de cobre, 300 toneladas de ouro e quantidades significativas de prata, alumínio, paládio, entre outros recursos reutilizáveis, com um valor total estimado em US\$ 52 bilhões.

Apesar que agora já aparecem inúmeras “empresas” fornecendo o serviço de coleta de resíduos de eletroeletrônicos e, em alguns casos, com preços abusivos e interessados nos metais preciosos, e como não detêm a tecnologia para extração destes, são na verdade intermediários de uma falsa riqueza, pois acabam mudando apenas o local do problema. Desta forma, o Brasil acaba por exportar nosso lixo eletroeletrônico para países como China e Índia [2], que a custos altíssimos para sua população acabam por se contaminar, e o que não pode ser exportado é destruído inapropriadamente sem nenhum controle sanitário e ambiental.

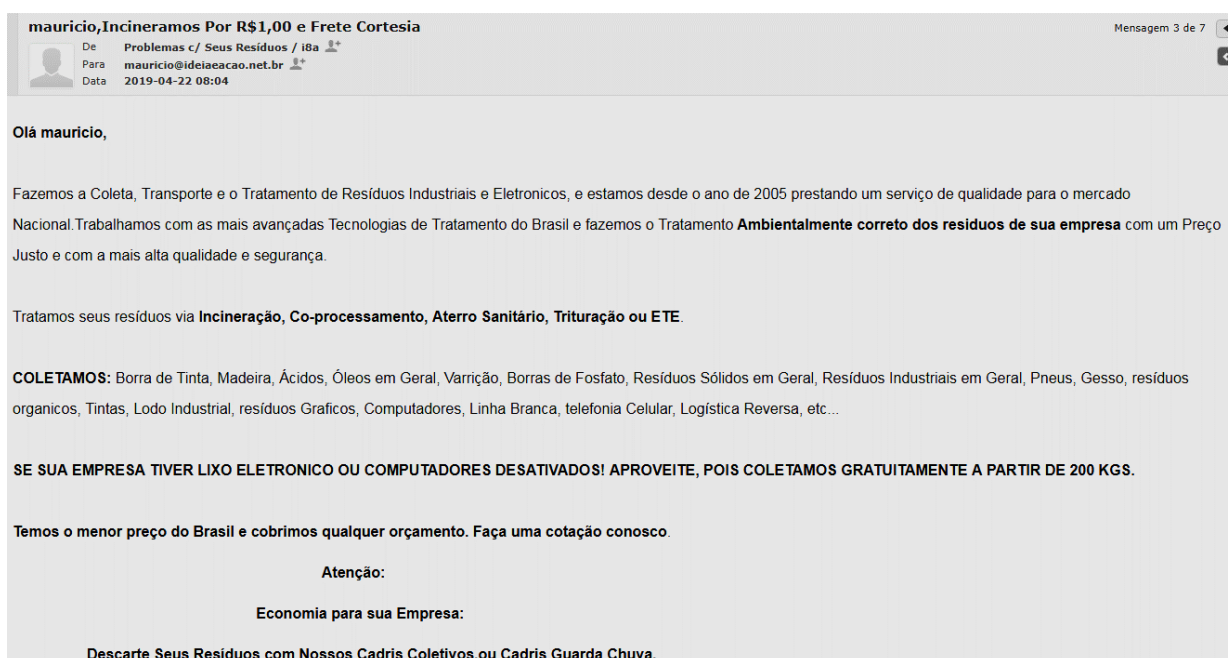


Figura 1 - E-mail recebido de suposta empresa especializada. Fonte: Tavares, M.V.

1.2.1 Economia Circular

O envolvimento Brasileiro Internacionalmente é parecido com o que ocorre internamente, pois politicamente apoia tudo, mas acaba por nunca cumprir as metas.

O Brasil é signatário da Agenda 2030, onde o Gerenciamento de Resíduos Sólidos obedece a – Economia Circular (Figura 2). Processo em que a economia não

descarta seus objetos sem nenhuma preocupação de onde irá parar, mas obter o máximo possível deste, através do aumento de tempo de vida com manutenção, ou remanufatura, ou ainda com uma reciclagem inteligente que priorize o melhor aproveitamento de suas peças na construção de novos produtos.

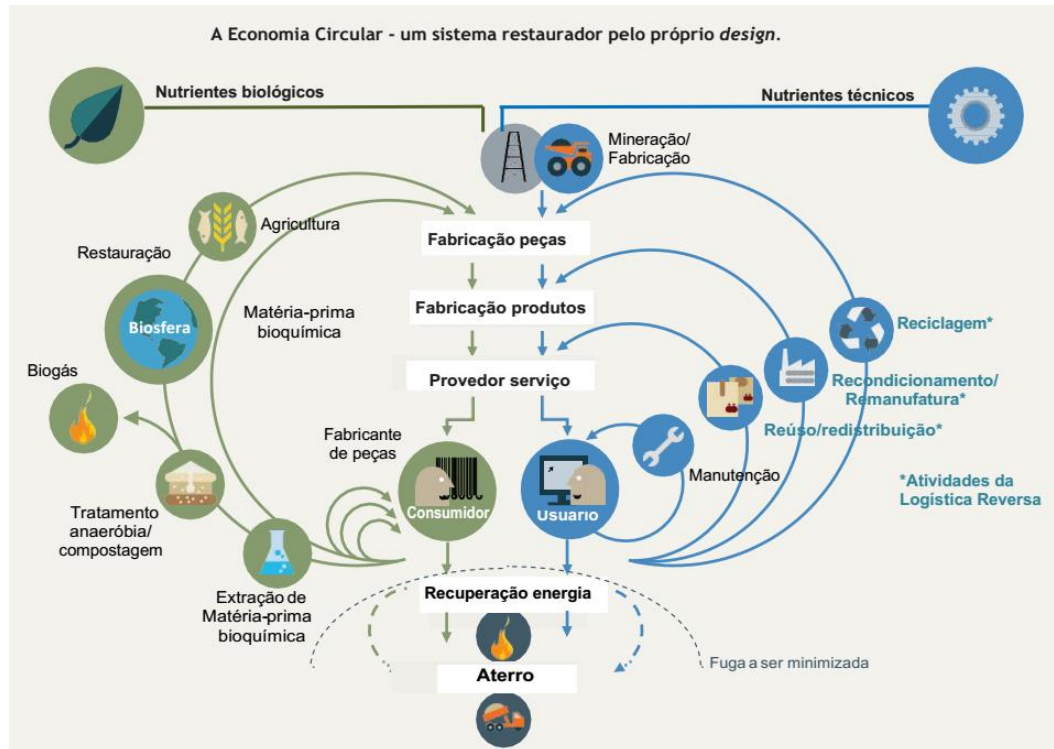


Figura 2 - Processo industrial baseado em economia circular. Fonte: Logística Reversa de Resíduos Eletrônicos, p.46

Além disso, temos o objetivo #12 da Agenda que é – Assegurar padrões de produção e de consumo sustentável, um item importante para que o consumo consciente se estabeleça no cotidiano das pessoas nas horas de comprar não somente as coisas do dia a dia, mas principalmente dos bens de maiores valores, como eletroeletrônicos e de informática.

A seguir, é descrito o porquê e a importância de se reutilizar componentes eletrônicos, mesmo que em alguns casos o preço destes possa, por vezes, parecer irrisório. Uma vez que há vários fundamentos para tal.

2 Desenvolvimento

Em meados de 2018, foi dado o início à estruturação deste TCC com o enfoque na reciclagem de materiais eletrônicos, claro que, para isso, foi necessário obter o material a ser reciclado. Como há, aproximadamente 23 anos de envolvimento com esta ideia, não foi difícil obter os materiais a serem utilizados, dê “catadores”, como eram chamados os recicladores; direto no próprio ferro-velho; doações de conhecidos, e até compras realizadas na rua Santa Efigênia, em lojas com “sacos de ouro”, materiais de leilões etc.

Como técnico em mecatrônica tive foi possível obter experiência na área de eletrônica ao trabalhar em laboratório de uma empresa chinesa – *Fu Chun Shin Machinery Manufacture Co., Ltd. (FCS)*, na área de equipamentos para indústria de plásticos em meados dos anos 2000. Em muitos momentos neste laboratório, que foi construído com conhecimentos pessoais, utilizando materiais reciclados, muitas vezes chegavam equipamentos complexos e alguns custando até milhares de dólares, e estavam inoperantes por causa de pequenos componentes de apenas alguns centavos de dólar, e mesmo assim, não era possível o conserto, pois não haviam componentes, nem no estoque e nem nas lojas da rua na Santa Efigênia – reduto clássico, em São Paulo, para área da eletrônica – como consequência o equipamento continuava inoperante, além de haver questionamentos por ordem superior.

Foi então, que em conversas com o gerente de produção, foi possível haver uma solução, utilizando peças seminovas. Após testes destes componentes foi possível garantir que elas teriam as mesmas funcionalidades e segurança que peças novas, e após a aceitação reparavam-se os equipamentos a um custo baixíssimo. A surpresa para eles, é que os componentes utilizados eram de equipamentos eletrônicos, não somente da própria empresa, como também, de reatores eletrônicos de lâmpadas, notebooks, placas de computadores e até eletrônicos domésticos.

O que tornou-se, além de uma economia para o cliente ao receber rapidamente o seu equipamento reparado de volta em um prazo pequeno de tempo e baixo custo de manutenção, já que não houvera a necessidade de importação de peças, e toda a burocracia que isto envolvia, a empresa acabou tendo um reconhecimento dos seus clientes, pois muitas vezes a partir desses eventos, os vendedores da fábrica levavam clientes à uma visita ao laboratório para mostrar, que todos os problemas dos equipamentos eram resolvidos no local e em tempo muito curto.

Essa experiência adquirida não é nenhuma novidade na área eletrônica, pois muitos técnicos de equipamentos eletrônicos domésticos fazem isso na realidade, apenas foi criado um protocolo de testes mais rigorosos, mas que permitisse serem utilizados com segurança na área industrial. Claro que o ideal seria ter componentes novos, mesmo assim, por vezes, ocorreram problemas com componentes novos também, e não foram poucas vezes.

A diferença na maioria dos componentes eletrônicos novos e usados, se estiverem funcionando, é basicamente nenhuma, com exceção dos que contém dielétricos e dispositivos mecânicos internos, que não estão isolados do meio ambiente, e por isso, podem sofrer oxidações e outros casos pontuais, mas são raros.

O desenvolvimento sustentável veio para suprir esta deficiência, ou seja, sustentabilidade é a palavra chave e que está mais do que nunca em destaque.

Em termos gerais, segundo o Comitê do Encontro da Terra da ONU na Conferência do Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992, ocorrida no Rio de Janeiro [10], sustentabilidade é a “capacidade de suprir as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade de futuras gerações em suprir suas próprias necessidades.”

Segundo Annie Leonard [11],

A cada ano, entre 5 e 7 milhões de toneladas de eletrônicos tornam-se obsoletos. Seus componentes tóxicos contaminam a terra, o ar, a água e todos os habitantes do planeta. ” e “... sabemos que todos os tipos de mineração – do ouro e do tântalo, assim como de cobre, alumínio, chumbo, zinco, níquel, estanho, prata, ferro, mercúrio, cobalto, arsênio, cádmio e cromo –, com todas as suas problemáticas, estão envolvidos”, também “No processo de produção do chip, elementos tóxicos como antimônio, arsênio, boro e fósforo são acrescentados ao silício, para que ele conduza eletricidade.”, ou seja, “No total, uma única fábrica de semicondutores chega a usar entre quinhentos e mil produtos químicos diferentes”, escreve Elizabeth Grossman em seu abrangente livro *High Tech Trash*.

O conceito de desenvolvimento sustentável vem sendo aplicado de vários modos. De acordo com *Constanza e Daly* [12] “a definição de alguns economistas ambientais, desenvolvimento, que se refere a progressos na organização sem aumento de consumo de recursos, é nitidamente diferente de crescimento, que é o aumento da quantidade de recursos utilizados.”

Mais uma vez, GABRYS [2], reafirma que a maioria deve pensar da seguinte forma:

o processo, considerado por alguns como um dos métodos mais avançados para lidar com lixo eletrônico, consiste em fragmentar tudo e separar esses minúsculos fragmentos em categorias de sucata com base na composição do material. Nesse processo, os materiais são dirigidos propositalmente a um estado de poeira, como a unidade ideal de recuperação. O pó que mais se aproxima das matérias-primas pode então ser enviado para os mercados de manufatura para reutilização. Mas, mais uma vez, a reutilização desses materiais depende da fabricação e da demanda do consumidor. Sem essa demanda, mesmo os mais avançados métodos de reciclagem fazem pouco mais do que converter materiais em matérias-primas ociosas.

Aqui é apresentado o cerne da questão em relação aos componentes eletrônicos.

Outro fato que evidencia que a reciclagem do tão almejado metal precioso é reinserido novamente na indústria eletroeletrônica não é verdadeira, pois em próprio documento da empresa *Diodes Incorporated*, *Diodes' Reports* do dia 13/05/2019, assume que não se utiliza de nenhum material reciclado ou de refugo, como pode ser visto na questão 4 do relatório, figura 3 [13].

4) Does 100 percent of the 3TG (necessary to the functionality or production of your products) originate from recycled or scrap sources? (*)

	Answer	Comments
Tantalum (*)	No	
Tin (*)	No	
Gold (*)	No	
Tungsten (*)	No	

Figura 3 - Detalhe do Diodes' Reports - 13/05/2019. Fonte: Tavares, M.V.

Se é possível ter um componente em ótimo estado, não faz sentido algum destruí-lo.

No livro da *Annie Leonard* [11] retrata bem, quando se refere ao resíduo eletrônico. Sabe-se que estes produtos contêm em seu cerne, materiais que são tóxicos se forem mal manipulados, então não faz sentido os destruir com a pretensão de recuperar os metais preciosos que nele foram utilizados. Ainda se tem os resíduos gerados da incineração que ainda conterão vários tóxicos extremamente perigosos. Sem falar naqueles produtos que sofrem o *downcycling*, que reconhecido pessoalmente como reciclagem descendente (em tradução livre), onde em um primeiro momento os componentes tinham uma função em um equipamento/dispositivo muito mais importante que o secundário, apesar deste ainda ter sua utilização, mas que devido à sua aplicação terão uma vida ainda mais curta, e por fim, acabarão no mesmo lugar que todos os outros componentes.

É claro, que para todos esses componentes um dia o fim acontecerá, mas se pensarmos na 2ª Lei da Termodinâmica, quanto mais trabalho conseguirmos realizar

com a mesma quantidade de energia, mais nobre será esse tipo de energia a qual foi utilizada, ou seja, é possível dar um destino mais nobre aos materiais, não somente aos eletrônicos, como aos outros também [14].

Sem falar que ao produzir dispositivos para utilizar em sala de aula, ou em uma atividade com os alunos, contribui-se para um mundo realmente mais sustentável, e tudo isso, passa a ser o mais importante em toda a atividade preparada para nossos alunos, a contribuição para um mundo sustentável, ao quebrar esse ciclo vicioso de consumo pelo consumo e iniciar um ideal de engajamento não só por parte dos professores e alunos, mas de toda sociedade, ao ver que a escola contribuí com uma nova visão de mundo e cada indivíduo é importante para que o mundo seja sustentável.

2.1 Sobre os Componentes Eletrônicos

A ideia é fornecer ao professor informações sobre componentes existentes em diversos tipos de equipamentos eletrônicos do seu dia a dia, como por exemplo: computadores, telefones fixos e celulares, aparelhos de som, liquidificadores, batedeiras, DVDs players, televisões – incluindo os monitores de computadores, monitores de LCD, impressoras, faxes (em tempo recomenda-se verificar o Apêndice A, para ver desdobramentos durante o TCC).

O que esses aparelhos dispõem de componentes, tais como resistores, sensores, capacitores, diodos, transistores, LCDs, displays, circuitos integrados, carcaça e fios, podem ser utilizados para uso futuro em montagens desenvolvidas pelo professor. É tão vasto o que pode ser encontrado, que abre um leque de opções de descobertas e que de outra forma se tornaria inviável financeiramente ao professor adquirir, é claro que há demanda de equipamentos básicos como ferros de solda, estações de ar quente, fitas para dessoldagem, medidores, como, multímetros, chaves de fendas dos mais diversos tamanhos, alicates de diversos tipos, mas este custo acaba por ser compensado nas aquisições dos componentes encontrados nos diversos equipamentos.

Cada equipamento desmontado é uma surpresa, por exemplo, impressoras contêm motores de corrente contínua, alguns motores de passo, sensores ópticos, chaves de fim de curso, engrenagens, guias e componentes que são ingredientes essenciais para o desenvolvimento da robótica. São possibilidades em que o professor pode utilizar de diversas formas ou material para preparar uma aula, ou

ainda, para estudar em conjunto com seus alunos os *designers* da tecnologia e como ela se processa. Novamente, como exemplo, tem-se as impressoras, ao se estudar a estrutura, componentes, de duas impressoras de empresas diferentes, os alunos podem entender o porquê de determinados formatos, funções e qualidades presentes nos modelos estudados.

Desta forma, além do seu conteúdo interno, o professor estará a orientar os alunos, futuros consumidores, como realizar uma boa compra e não ficar refém de certas armadilhas do mercado, como da obsolescência planejada e percebida existentes em vários tipos de produtos [11]. Esta maneira de ensinar formará cidadãos conscientes e com maior poder de argumentação, percepção e conscientização.

Como exemplo, podemos citar os dados de uma fonte de computador genérico do tipo ATX (Figura 4), muito comum nos computadores de mesa (PC) atuais.

Como exemplo, a são descritas as peças existentes em uma fonte ATX de PC:



Figura 4 - Fonte de PC genérica desmontada. Fonte: Tavares, M.V.

13 indutores; 20 capacitores eletrolíticos; 14 capacitores cerâmicos; 5 capacitores de poliéster; 1 capacitor de tântalo; 56 resistores; 25 parafusos; 4 isoladores para transistores; 3 transformadores de sinal; 2 dissipadores de calor; 1 termistor tipo NTC; 1 fusível; 32 diodos diversos; 13 indutores; Fios (chicote da fonte); 2 tomadas (1 macho e 1 fêmea); 1 Ventoinha; 1 chave de tensão tipo H; Carcaça da fonte; 1 passa fio; LA6339 – Comparador quádruplo de alta performance e TL494CN – Controlador de circuito PWM.

Cabe comentar sobre os custos dos componentes, por exemplo uma fonte de energia de alguma loja da rua Santa Ifigênia no “estado” (sem o prévio conhecimento se a mesma está operante ou inoperante) custa aproximadamente R\$ 5,00. Da lista temos, por exemplo, o termistor que custa R\$ 2,00, já a ventoinha R\$ 8,00, somente nestes dois componentes, se o professor fosse comprá-los novos em uma loja pagaria o dobro do valor da fonte utilizada, sem falar nos demais componentes.

Neste caso da fonte os números de aplicações são infinitos, pois essas peças são o que se pode chamar de “curingas”, onde pode-se construir desde filtros para eliminação de ruídos, até sensores de corrente ao usarmos as bobinas (indutores maiores). Com o termistor é possível fazer o equivalente do *shield* de temperatura do Arduino, os fios com a utilização de terminais *Dupont* fazem-se os cabinhos utilizados em montagens de protoboard, os transistores mosfet podem ser utilizados como controladores de motores. A carcaça pode ser usada para abrigar montagens e por ser metálica, apresenta a vantagem de servir como blindagem eletromagnética. A ventoinha além de pode ser usada como tal, pode ser aplicada como sensor em um túnel de vento ou como medidor de velocidade do vento em uma montagem externa.

Agora em relação aos circuitos integrados, que é o nosso objetivo, pois os recicladores têm mais atenção, principalmente neles, devido a presença de metais preciosos em sua construção. Todos esses pontos observados não valem a pena se houver destruição de componentes que estejam funcionando. Serão colocados outros CIs muito comuns em equipamentos eletrônicos e comparar seu preço de mercado com a quantidade de metais raros, sendo os quatro (04) mais importantes do mercado, segundo a *Bullion Rates* [15], que são: ouro, prata, platina e paládio.

Como é possível ver na tabela 1, se o componente está em condições de ser utilizável, não há motivo para destruí-lo, pois os metais preciosos são apenas uma ínfima fração do valor total do componente. É claro, que nesta discussão, não há como recuperar praticamente todos os componentes de uma placa eletrônica, mas os componentes principais são facilmente recuperados. Alguns dos componentes da tabela, aliás são até mesmo difíceis de serem encontrados aqui no Brasil, como é o caso do componente FDMS3572 usado em placas-mães no controle PWM do processador e que normalmente possuem seis (06) por placa, e que curiosamente custa por R\$ 222,06 se for comprada na loja *Mouser Electronics*, sem somar o custo do frete para o Brasil que está próximo de R\$161,61 (obtido em maio de 2019). Outro componente extremamente útil é o componente LM6142 também difícil de ser encontrado, bem como o componente LT1364 e que será utilizado na construção do “traçador de curvas”, que se encontra em leitores de código de barras, e em escâneres de elevado desempenho.

Preço segundo à Bullion Rates (27/05/2019)					Mouser.com (27/05/2019)		
Componente	Au(R\$)	Ag(R\$)	Pd(R\$)	Pt(R\$)	Preço (R\$)	Metais (R\$)	Ref.
TL494CN	0,00186	0,00105	0,010172	—	11,80	0,11	[16]
LA6339	0,06335	0,02461	—	—	25,60	0,34	[17]
ULN2803	0,00039	0,00128	0,002774	—	19,23	0,02	[18]
MC74HC00	0,03882	0,00308	0,012127	—	7,76	0,70	[19]
MC74HC08	0,03882	0,00308	0,012127	—	7,76	0,70	[20]
MC74HC244	0,03882	0,00308	0,012127	—	8,40	0,64	[21]
MC74HC245	0,03882	0,00308	0,012127	—	10,18	0,53	[22]
M24512	0,01150	0,00038	0,000867	—	14,54	0,09	[23]
IRF644	—	—	—	—	15,00	0,00	[24]
IRF830	—	—	—	—	11,00	0,00	[25]
LM7805	—	0,00571	—	—	3,40	0,17	[26]
LM7812	—	0,00571	—	—	3,00	0,19	[27]
FDMS3572	0,00157	0,00022	0,002897	—	37,01	0,01	[28]
LM6142	—	0,00132	—	—	25,00	0,005	[29]

Tabela 1 - Metais raros - Valor do CI - Fonte: Tavares, M.V.

Em fevereiro de 2018, foi adquirido de um vendedor no website Mercado Livre um lote de 30 escâneres (Figura 5), sendo que cada um possuiu o custo de apenas R\$ 2,99. Todos estavam em ótimas condições, sendo que foi encontrado, além de fontes de 24V, dezenas de componentes LM6142 e LT1364, mosfets, motores de passo, motores CC, telas de LCD de sete (07) polegadas, e outros tantos CIs TTL, CIs lineares, memórias e discos rígidos. Um fato curioso é que este vendedor comprou de um leilão de propriedade da empresa Lexmark. Esta empresa perante a Lei de Resíduos Sólidos, deveria ter dado que ter outro destino a esse mesmo material.



Figura 5 - Lote de scanners comprados no Mercado Livre - Fonte: Mercado Livre.

2.2 Arduino pode salvar o Ensino de Ciências

Essa argumente provocante, naturalmente, tem apenas o poder de chamar a atenção para a ilusão atual do uso da plataforma. Basta, também, lembrarmos do lançamento dos circuitos integrados da *Microchip*, a linha PIC. Foi um alvoroço por alguns anos e se estabilizou, curiosamente a *Microchip* em 2016 comprou a empresa Atmel, que é a fabricante dos primeiros *chips* utilizados pelo Arduino, segundo Lima [29].

Um dos problemas, como dissemos anteriormente, é que a maioria dos professores não tem conhecimento em eletrônica e programação devido ao fato da atual grade curricular de Licenciatura não abranger esta área.

Vale lembrar que em muitas escolas, o uso desta plataforma em alguns casos está sendo utilizada até por professores de Português e Educação Artística (neste último caso há ressalvas, pois o ambiente *Processing*, IDE irmã do Arduino foi desenvolvido para a disciplina de Artes), limita-se em aula o assunto não ser totalmente desenvolvido em sua integralidade, devido suas facetas multidisciplinares da Ciência (Física, Química, Biologia e Matemática). Ou seja, o Arduino é no momento, a forma mais fácil, de baixo custo e direta para desenvolvimento do

conhecimento da CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), mas não pode ser considerado o “Santo Graal” do ensino.

O importante não é somente o aprendizado do Arduino e seus acessórios, mas os fenômenos ao qual os professores se propõem em ensinar. Como neste TCC estamos objetivando o ensino em eletrônica, onde será construído um simples traçador de curvas e um termômetro corporal, e com isso, serão obtidas informações da física dos componentes utilizados e medidos por eles, estatística ao medir a temperatura e outros parâmetros biológicos adjuntos.

2.3 Aplicação Prática

2.3.1 Temperatura corpórea

Utilizando os recursos do software Microsoft Excel, os dados seriais serão obtidos pelo Arduino que receberá o tratamento estatístico pela elaboração de tabelas e gráficos utilizando funções e equações. O desenvolvimento da interpretação e avaliação crítica das informações estatísticas é conhecido como letramento estatístico, segundo Cazorla [30].

Ao utilizar o Arduino, como instrumento didático nas medições de parâmetros fisiológicos humanos, este TCC visa promover aos alunos, o tratamento das informações e o letramento estatístico, assim como, possibilita relacionar o uso do Arduino com a importância do acompanhamento desses parâmetros no monitoramento da saúde humana.

A placa eletrônica utilizada foi o Arduino Uno (Figura 6), sua escolha se justifica por ser uma ferramenta simples, facilidade de programar, praticidade na conectividade USB com o computador, custo relativamente baixo, reunindo características ideais para uso didático com alunos com pouco conhecimentos de eletrônica.

A captação de sinais, retirado de uma fonte de computador, é o componente MF72-8D11 em preto na Figura 6, que se trata de um sensor para temperatura chamado termistor, trata-se de um NTC (*Negative temperature coefficient*), ou seja, sua resistência varia inversamente com a temperatura medida por ele, sendo que este tipo de componente não tem sua resistência ôhmica linear.

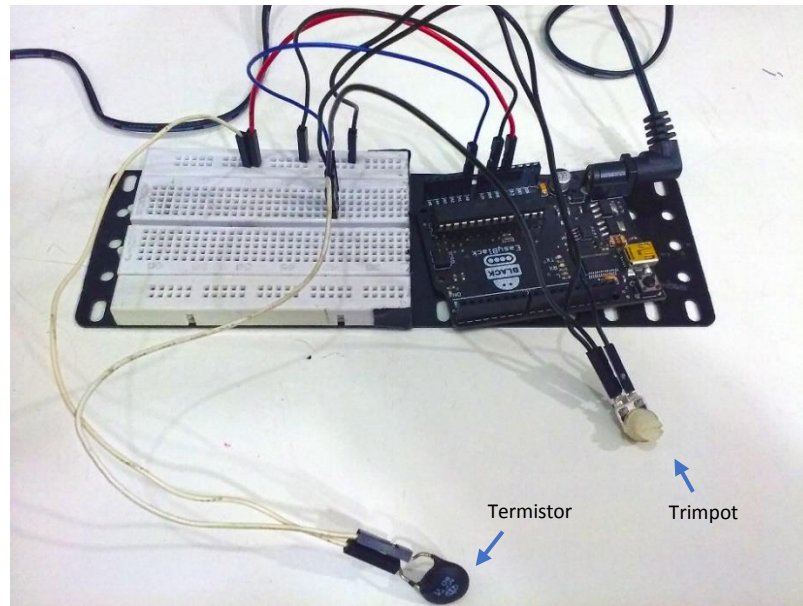


Figura 6 - Montagem experimental – Termistor. Fonte: Tavares, M.V.

Como o objetivo é utilizar o material disponível, teve-se que pesquisar antes as especificações técnicas do componente na internet, o encontro da informação foi rápido, mas tem-se ciência que nem sempre é assim, visto a quantidade enorme de fabricantes e em alguns casos a falta de legibilidade, e códigos de fabricantes. De qualquer forma, o sensor é compatível com a utilização no Arduino, pois o intervalo que é necessário medir está na faixa de operação de 0 a 5 V e o mais importante no intervalo de temperatura necessário, ela apresenta linearidade dos resultados para fins didáticos. Este componente apresenta dois pinos, o que o diferencia dos normalmente utilizados com o Arduino, que são de três. Para resolver este diferencial, há a necessidade de utilizarmos a equação de *Steinhart-Hart* [31][32].

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{V} + \frac{1}{T_0} + \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{R_T}{R_0} \right)$$

Onde: T é a temperatura desejada em Kelvins; V é a tensão em Volts; T₀ é a temperatura de calibração do termistor e por padrão é de 25°C; β é devido as características de fabricação do termistor e que neste caso é de 3950; R_T é o valor da resistência do termistor em uma determinada temperatura; R₀ é o valor do termistor na temperatura de calibração e é utilizada no divisor de tensão com o termistor, em nossa montagem o valor é de 8 Ω.

Esta equação deve-se ao fato de ser derivada de um ajuste de curva e exame das características de resistência ôhmica com a variação de temperatura do termistor.

A seguir, colocamos o gráfico da equação de *Steinhart-Hart* (Figura 7) no intervalo de 0 à 5 V, com o respectivo valor da temperatura e o intervalo esperado para utilização, que é de 35°C até 40°C.

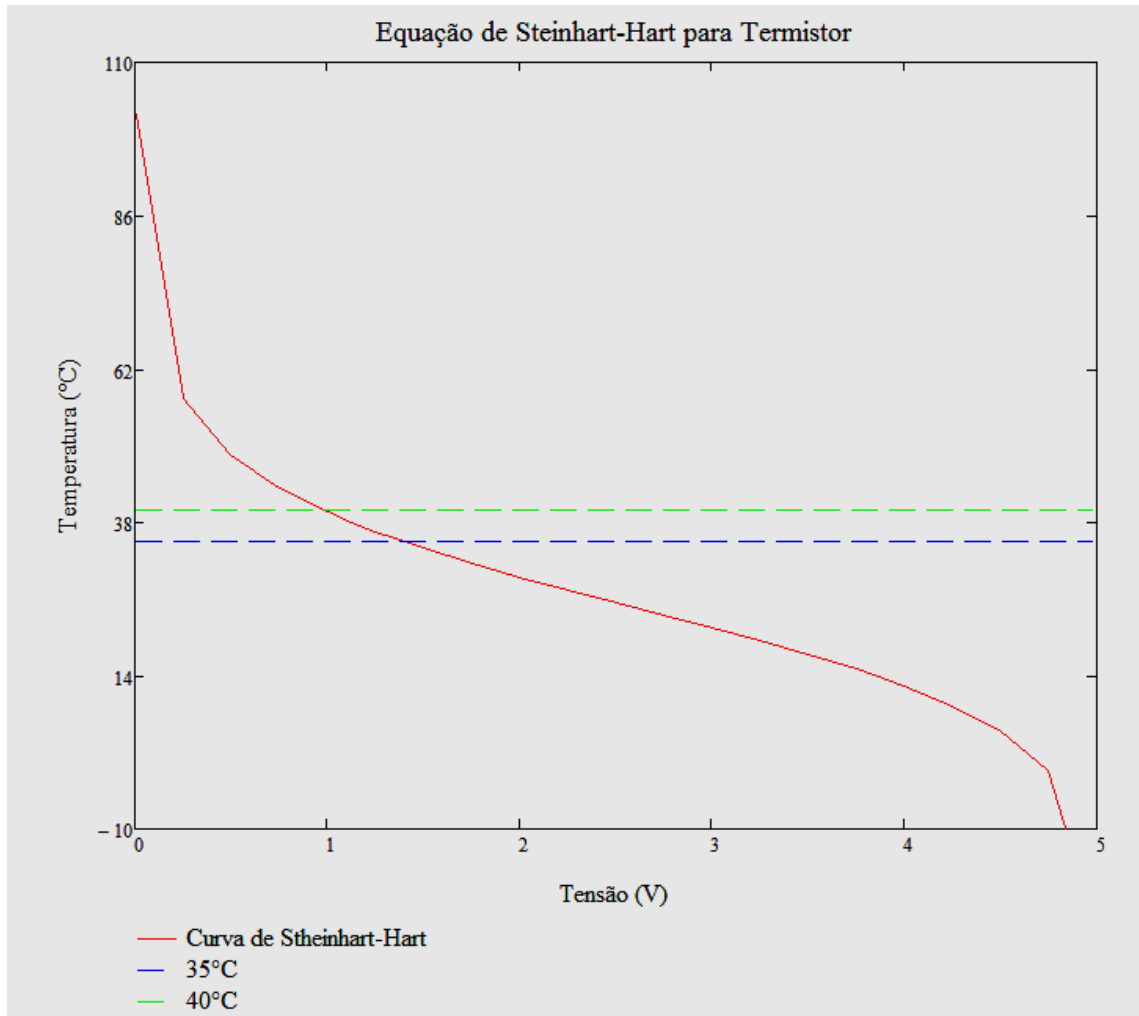


Figura 7 - Gráfico de Steinhart-Hart para calibração do termômetro. Fonte: Tavares, M.V.

O fabricante do componente termistor revela em suas características elétricas os valores de β para os diversos valores de resistência à temperatura padrão.

O circuito utilizado para montagem com o Arduino, é mostrado na Figura 8, foi realizado com o programa *fritizing*, e por tratar-se de uma montagem simples, é interessante mostrar as diversas ferramentas disponíveis *online* e gratuitas na internet, para se criar/desenhar um circuito elétrico. Além de permitir criar o esquema elétrico da placa, permite criar, também, o circuito em protoboard, e até mesmo a placa de circuito impresso e ainda emitir a ordem de serviço e receber a placa pelo correio.

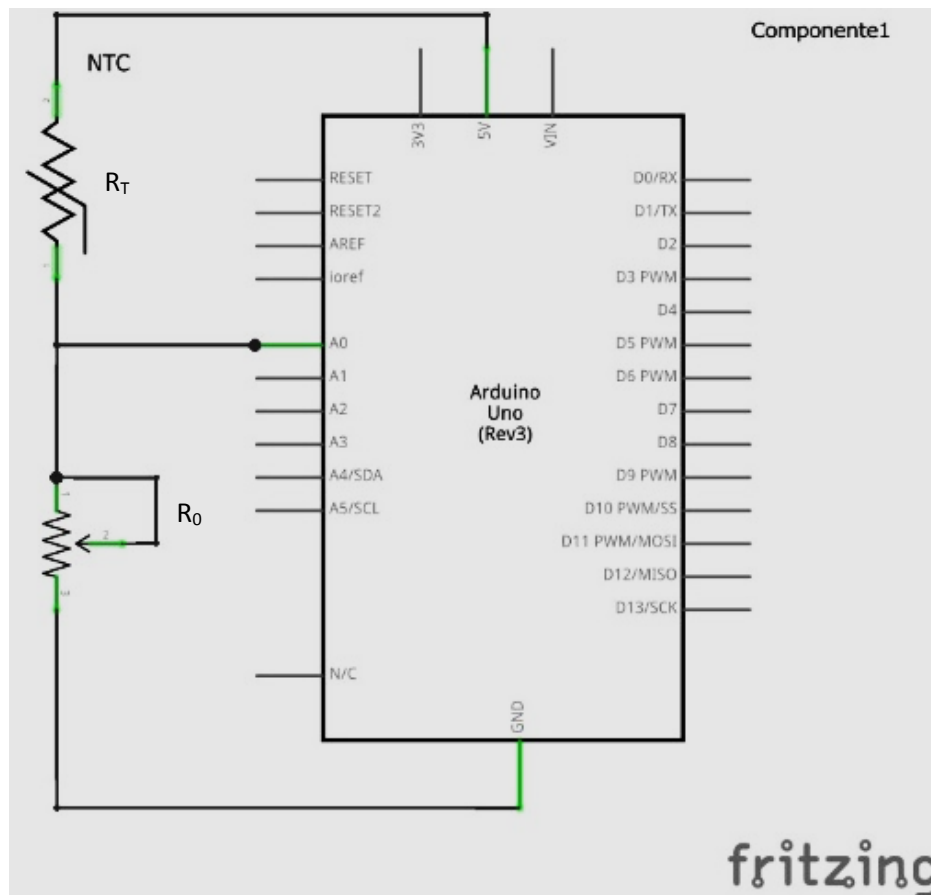


Figura 8 - Esquema do circuito para obtenção de dados. Fonte: Tavares, M.V.

Como essa aplicação com apenas um componente e algumas linhas de programação, há uma possibilidade praticamente infinita de outras tantas, apenas deve atentar ao conhecimento do funcionamento dos componentes, que na próxima aplicação será apresentada uma possibilidade de se conhecer, não só tipos, como variações de componentes semicondutores encontrados no mercado.

É importante ressaltar o uso do componente eletrônico trimpot, R_0 , pois como o valor do NTC, R_T , é de apenas $8\ \Omega$ e a combinação de resistores acrescentaria um erro na equação, o mesmo foi também retirado da sucata de um monitor de computador, cujo valor é de $10\ \Omega$, e foi muito mais adequado adaptá-lo e calibrá-lo previamente com um multímetro no mesmo valor do termistor, que era de $8\ \Omega$, e com isso, evitou-se a propagações de erros.

A programação feita no Arduino encontra-se no ANEXO A. A medição de temperatura corpórea foi feita em um indivíduo com a colocação do sensor na sua axila, previamente limpa e seca. A temperatura ambiente no momento das medições era de $26\ ^\circ\text{C}$. Os dados coletados pelo sensor e transmitidos ao Arduino foram visualizados no computador, através da ferramenta Monitor serial do próprio Arduino IDE.

Para tratamento estatístico foram considerados os dados de temperatura no intervalo de 35,5 °C a 36,5 °C. Os dados foram inseridos em planilha do *Microsoft Office Excel 365*. Utilizando estes dados, foram aplicadas no Excel as funções MÉDIA, PADRONIZAR, DIST.NORMP.N e CONT.SES (os dados encontram-se no APÊNDICE B). Então, foram gerados o histograma e a curva de distribuição normal (Figura 9).

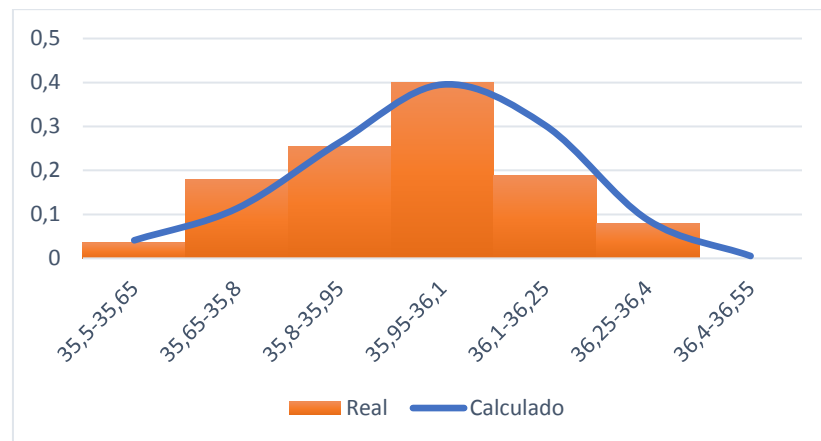


Figura 9 - Histograma (vermelho) e curva de distribuição normal (azul). Fonte: Tavares, M.V.

Tanto o Arduino, como o sensor, mostrou-se eficazes na realização da tarefa proposta.

Vários fatores podem levar a variações nos resultados, como por exemplo, a escolha dos dados e a região do corpo onde é feita a medição. Neste trabalho, foram considerados os dados de temperatura entre 35,5 °C e 36,5 °C, faixa que corresponde à temperatura média das axilas no corpo humano. Apesar de não ser a região mais precisa para a medição de temperatura, é mais usada no Brasil [33].

Quanto ao tratamento estatístico, a média da temperatura axilar obtida foi 36,0°C com desvio padrão de 0,2°C. O histograma obtido utilizando 200 dados colhidos de temperatura, divididos em sete classes (Figura 9), onde apresentou uma boa aproximação experimental para a curva de distribuição normal (Gaussiana). Um dos problemas envolvidos na elaboração de um histograma é a escolha do intervalo (classe), que deve ser o menor possível, porém, evidentemente, diminui também a frequência em cada intervalo. Outro detalhe a ser observado é a escolha dos centros dos intervalos [34].

2.3.2 Traçador de Curvas – Transistor/LED/Diodo

Em muitos momentos durante as aulas de laboratório de física, mas precisamente em eletricidade, temos o tópico sobre a caracterização de LED, diodo e lâmpada. É claro que mais à frente em outras disciplinas no Curso de Microeletrônica acaba-se por avançar muito mais afundo e realizando a caracterização de transistores MOS e cria-se sempre uma motivação com as famosas curvas $I \times V$, pois era visto naqueles equipamentos no LSI/USP e imaginava professores e alunos do ensino médio tendo a mesma satisfação que o curso proporcionava, mas em escola pública, ter um osciloscópio é um luxo, imagine um traçador de curvas. Principalmente quando este serve para ser utilizado em transistores MOS, FET, BJT, diodos. É a melhor maneira de entender o que um dispositivo faz.

Sem falar nas suas utilidades, quando se fala em reciclagem ascendente é necessário testar componentes variados, sendo que às vezes não dispomos de *datasheets* (folha de dados) dos componentes, ou por serem muito antigos ou ainda terem um registro diferente da usual.

Em um laboratório, pode-se utilizar o traçador de curvas em uma infinidade de propósitos, tais como: Transistores correspondentes; medir o ganho de transistores bipolares; medir o limiar de MOSFETs; medir o corte de JFETs; medir a tensão direta dos diodos; medir a tensão de ruptura de *Zeners* entre outros.

Para componentes como um transistor PNP ou NPN, mede-se o V_{ce} (a tensão entre o coletor e o emissor) *versus* a corrente que flui para o coletor. Uma linha é obtida de um gráfico para cada corrente de base diferente - por ex. $0\mu A$, $50\mu A$, $75\mu A$ etc.

Para um MOSFET, V_{ds} (a tensão entre o dreno e a fonte) *versus* a corrente que flui para o dreno. Então, uma linha é desenhada para cada tensão de porta diferente - $0V$, $1V$, $2V$ etc.

Com JFETs, a corrente flui quando a tensão da porta é igual a tensão da fonte. Como a tensão do gate é alterada, para ficar mais longe da tensão de dreno, o JFET é desligado automaticamente.

A parte mais interessante de uma curva MOSFET ou JFET é a tensão de *turn-on* ou *cut-off*, onde ocorre com mais ou menos algumas centenas de mV.

Em diodos, é possível verificar a tensão direta e, com *Zeners*, a tensão de ruptura reversa.

Sabendo das habilidades do Arduino, tanto em gerar e medir tensões e correntes, baseado em uma montagem e programação de *Don Sauer* [35] e muito popularizada em sites de eletrônica, foram realizadas pequenas modificações que permitiram o circuito fazer as medições, além do transistor MOS e BJT. A programação em Processing utiliza os dados da saída Serial em um arquivo que poderá ser manipulado em qualquer programa matemático como MathCAD, Smath (Versão livre do MathCAD), Matlab, Scilab e o Excel, entre tantos outros. No ANEXO C disponibilizamos a programação do Arduino e em Processing.

O circuito utiliza amplificador operacional RRIO (*Rail-to-Rail Input Output*), ou seja, a tensão de saída ser capaz de oscilar entre as duas linhas de alimentação (positiva e negativa) tanto na entrada (*Input*) como na saída (*Output*). No circuito original utiliza o LM6142 com uma largura de banda de 17MHz, com uma taxa de subida ou descida de 5V/ μ s para pequenos sinais e 30V/ μ s para grandes sinais, ou seja, se um sinal de entrada for aplicado em um “*buffer*” como em nosso caso, tiver uma taxa de variação maior que o *Slew Rate* do operacional, a saída não será capaz de variar suficientemente rápido, resultando em um sinal ceifado ou distorcido. De qualquer forma, a saída não se manterá inalterada a forma de onda do sinal de entrada. Para resolver esse problema, foi encontrado um outro componente, também presente na sucata dos escâneres, o amplificador operacional LT1364, que é RRIO como o LM6142, só que com uma largura de banda de 70 MHz e 1000 V/ μ s de *Slew Rate*. A pinagem entre os dois componentes é a mesma (Figura 10), com pequena mudança em um capacitor de carga, que no circuito original era de 200nF para 220nF, e com isso teve-se a possibilidade de utilizá-lo com outros dispositivos semicondutores.



Figura 10 - Amplificadores RRIO - LM6142 e LT1364 - Fonte: Tavares, M.V.

A montagem do circuito foi realizada em uma placa *protoboard* para soldagem (Figura 11), Arduino UNO para controle da placa, pinças nas cores padrão de traçadores de curvas e a alimentação que é realizada pela entrada USB, sendo neste caso, limitada em 5V para aquisição dos dados.

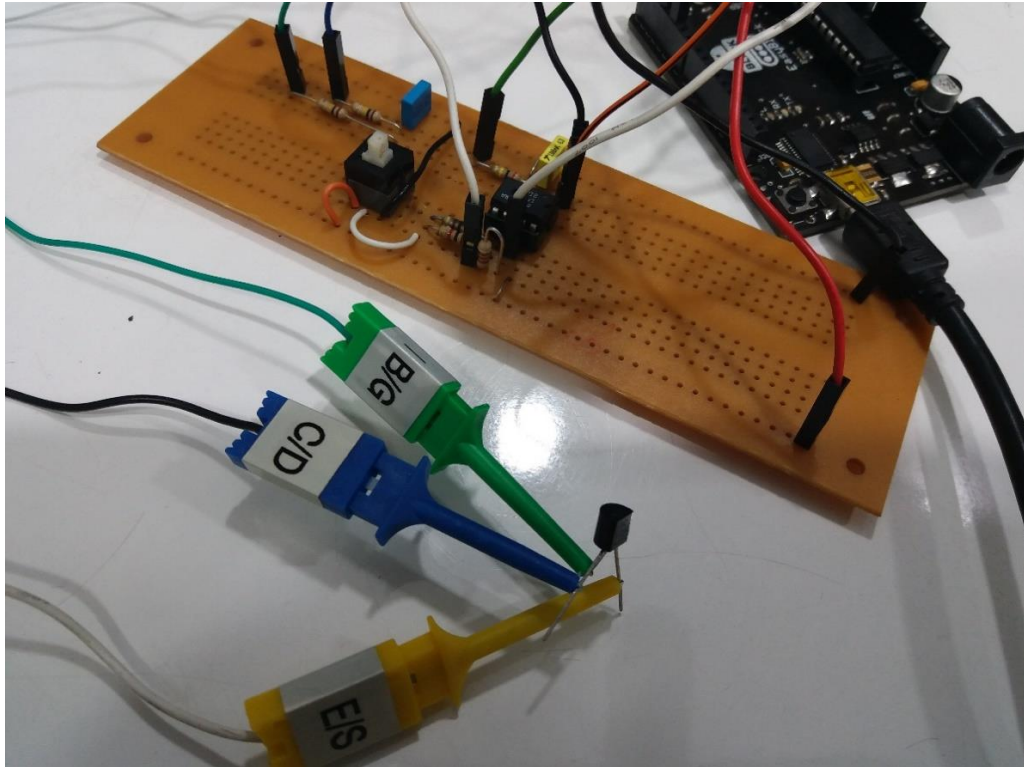


Figura 11 - Montagem completa - com pinças para segura componentes. Fonte: Tavares, M.V.

Para exemplificar a utilização, considera-se um transistor NPN.

A curva característica (Figura – 12) é um gráfico da tensão entre o coletor e o emissor (o eixo x é V_{ce}) *versus* a corrente que flui para o coletor (o eixo y é I_c). Onde desenha se uma linha para cada corrente de base diferente (I_b) - por ex. $0\mu A$, $50\mu A$, $100\mu A$ etc.

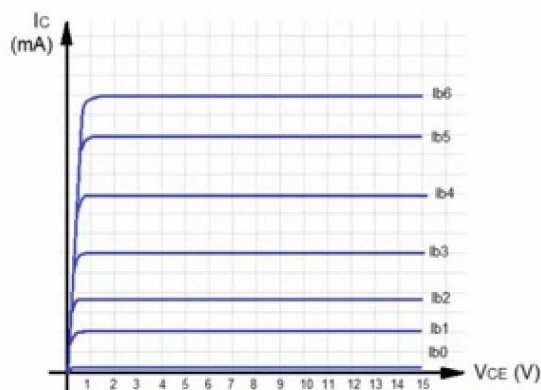


Figura 12 - Gráfico para plotar a Caracterização de Curvas BJT. Fonte: Eletrônica - Wikipedia.

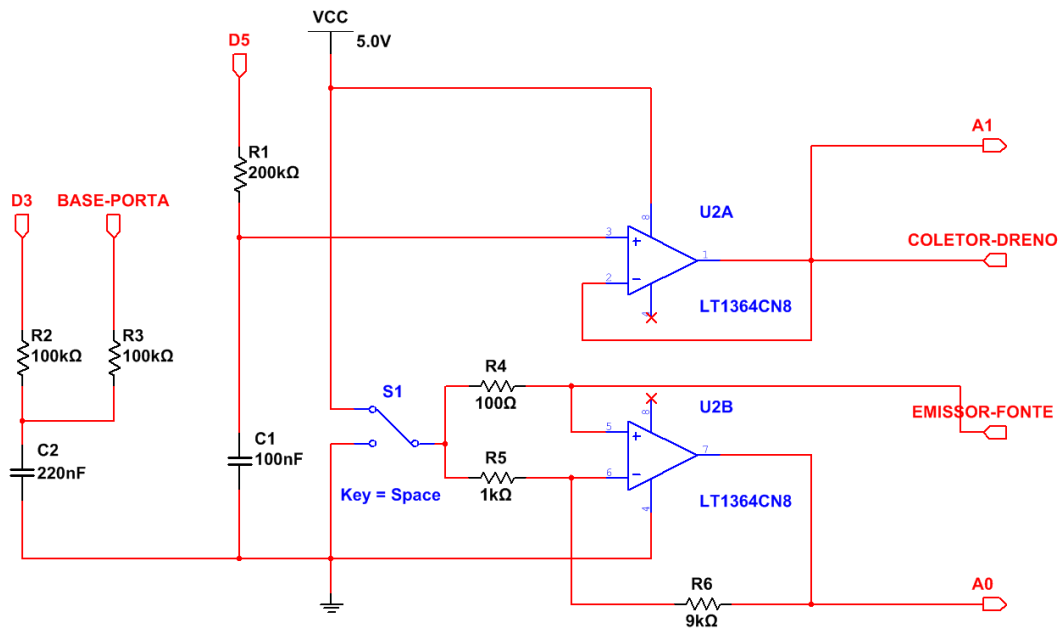


Figura 13 - Traçador de Curva MOS/BJT/FET/Diodo/LED. Fonte: Tavares, M.V.

No circuito da Figura 13, o LT1364 é utilizado no modo seguidor de tensão, com saída em A1, e como conversor de corrente \times tensão em A0. O emissor do NPN é conectado a 0V e o coletor é conectado a um "resistor de carga" de 100Ω e depois a uma tensão que aumenta lentamente.

Um DAC controlado pelo Arduino faz uma varredura no intervalo dessa tensão de teste de 0V a 5V (ou até que a corrente através do resistor de carga atinja 50mA, por segurança, evitando-se a queima do Arduino). O Arduino mede a tensão entre o coletor e o emissor e a tensão no resistor de carga e coloca na serial, os dados tensão \times corrente e que depois é processado pelo *Processing*, para plotar os dados para uma pré-visualização, e, em seguida, grava em arquivo para posterior manipulação. Esse processo é repetido para cada corrente base. A corrente de base é gerada por um segundo DAC de 0V a 5V em um resistor de $100k\Omega$. O DAC produz 0V, 1,35V (50uA), 2,7V (100uA), 4,05V (150uA), etc. (na verdade, a tensão tem que ser um pouco maior, por causa do V_{be} - assumido como 0,7V).

Para um transistor PNP, o emissor é conectado a 5V e o coletor é conectado a um resistor de carga de 100Ω e depois a uma tensão que diminui lentamente de 5V para 0V. A base de corrente DAC desce de 5V para 0V.

Para um MOSFET de canal N é semelhante a um NPN. A fonte é conectada a 0V, o resistor de carga é conectado ao dreno e a uma varredura de tensão de 0V a 5V. O DAC que está controlando a corrente base, agora controla a tensão da porta e os passos 0V, 1V, 2V etc [36].

Um aprimoramento de canal P MOSFET é semelhante a um PNP. A fonte é conectada a 5V, o resistor de carga é conectado ao dreno e a uma varredura de tensão de 5V a 0V. A tensão da porta é de 5V, 4V, 3V etc.

Agora, um N-JFET é um pouco mais difícil, pois normalmente imagina-se a fonte conectada a 0V, o dreno conectado a uma tensão positiva variável e a porta conectada a uma tensão negativa variável. Um JFET normalmente conduz e é desligado por uma tensão de porta negativa.

O traçador de curvas não pode gerar tensões negativas, portanto o dreno N-JFET é conectado a 5V, a fonte é conectada a um resistor de carga de 100Ω e depois a uma tensão que diminui lentamente de 5V para 0V. Pretende-se que V_{gs} (a tensão da porta-fonte) passe de 0V, -1V, -2V, etc. Necessita-se que o V_{gs} permaneça constante, quando o V_{ds} (a tensão da fonte de dreno) varia. Assim, o Arduino define a tensão no resistor de carga e, em seguida, ajusta a tensão de porta no DAC, até que V_{gs} seja o valor requerido. Em seguida, define uma nova tensão no resistor de carga e ajusta novamente a tensão da porta etc.

O traçador de curvas não pode medir a tensão aplicada à porta, mas sabe via DAC é preciso o suficiente. É claro, isso só mede a parte negativa da resposta do JFET, se desejar obter a parte da porta positiva, é necessário tratá-la como um MOSFET.

Um P-JFET é tratado de forma semelhante, mas os valores de 0 a 5V são todos invertidos.

Para os transistores bipolares, o Arduino observa o espaçamento médio das linhas horizontais das curvas. Ao desenhar a curva para a corrente base, ele nota a corrente do coletor, quando V_{ce} é igual a 2V. A mudança na corrente do coletor é dividida pela mudança na corrente de base para fornecer o ganho. O ganho de um transistor bipolar é um conceito vago. Depende de como mede-se isso. Não existe dois tipos de multímetros que gerem a mesma resposta. Geralmente, questiona-se "o ganho é alto" ou "se estes dois transistores são iguais".

Para MOSFETs, o Arduino mede o limite de ativação. Ele ajusta a tensão de carga para 3V, aumentando gradualmente V_{gs} , até que a corrente através da carga exceda 5mA.

Para JFETs, o Arduino mede a tensão de corte. Ele ajusta a tensão de carga para 3V e então aumenta gradualmente (negativo) V_{gs} , até que a corrente através da carga seja menor que 1mA [36].

Usamos para teste do circuito, os seguintes componentes: Led – Vermelho, Verde, Amarelo, IR (todos de 5mm) da Bright LED Electronics Corp [37]; 1N4007 – Diodo retificador de 1A [38]; 1N4148 – Diodo de uso geral [39]; BC548 – BJT NPN [40]; BC557 – BJT PNP [41]; IRF530N – N-Mosfet [42]; IRF9540N – P-Mosfet [43].

2.3.2.1 Curva Característica dos LEDs

Neste gráfico, Figura 14, com todas curvas em conjunto para facilitar a comparação para os 4 LEDs utilizados. Como pode ser visto, o LED que apresenta a emissão no infravermelho é o que apresenta menor tensão de limiar, e próximo de 1V.

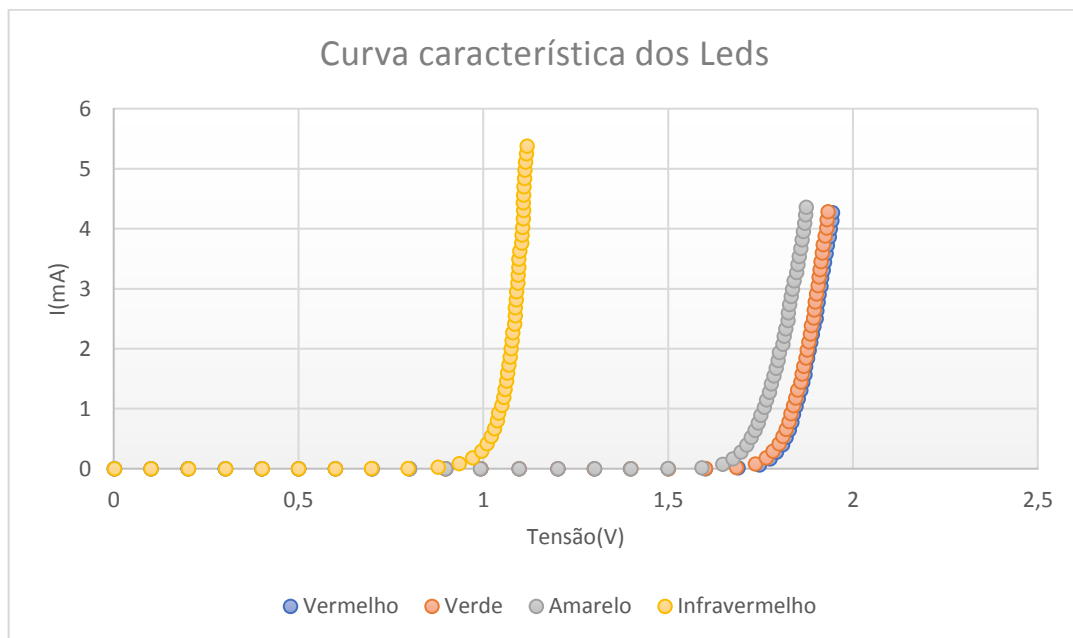


Figura 14 - Curva Característica dos Leds - Fonte: Tavares, M.V.

2.3.2.2 Curva Característica dos 1N4007 e 1N4148

No gráfico, da Figura 15, com os dois diodos podemos observar as suas tensões de limiar, sendo que o 1N4007 apresenta, aproximadamente, 0,475V e o 1N4148 uma tensão de limiar de, aproximadamente, 0,6V.

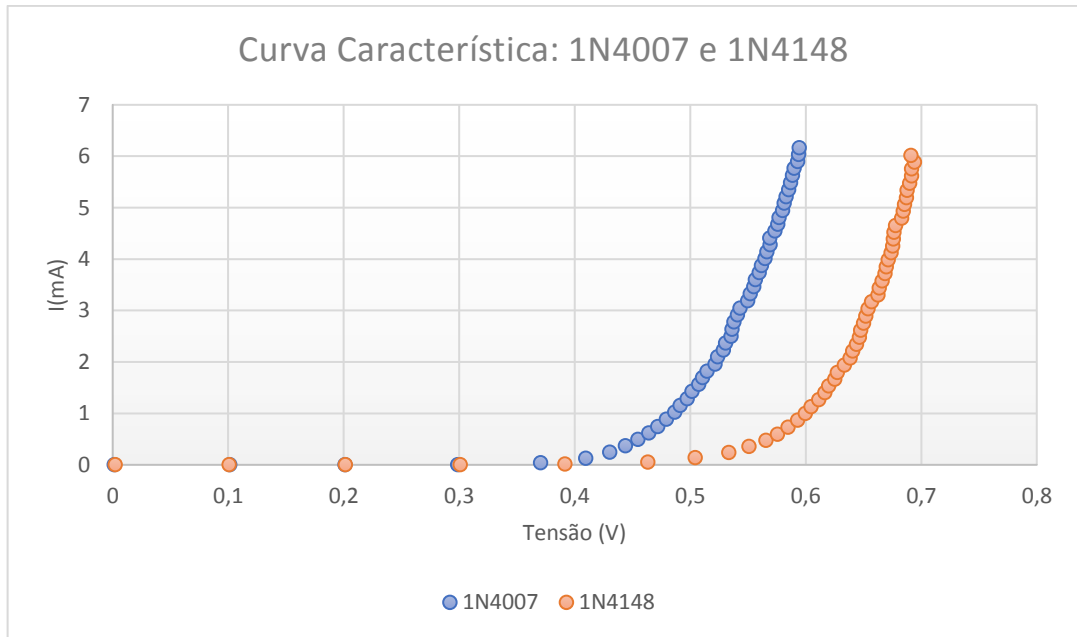


Figura 15 - Curva Característica do 1N4007 e 1N4148 - Fonte: Tavares, M.V.

2.3.2.3 Curva Característica do transistor NPN – BC548

No gráfico, Figura 16, do transistor bipolar BC548 (NPN), podemos observar que a região ativa está, aproximadamente, acima de 0,5V, e saturação, abaixo disso.

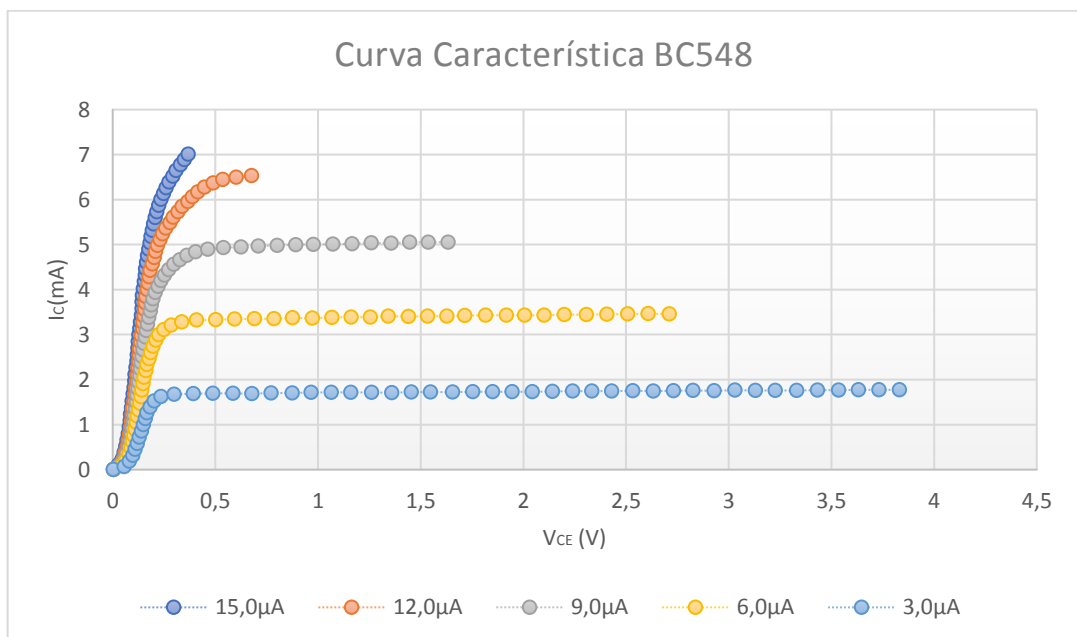


Figura 16 - Curva Característica do BC548 - Fonte: Tavares, M.V.

2.3.2.4 Curva Característica do transistor PNP – BC557

No gráfico, Figura 17, o transistor bipolar BC557 (PNP), podemos observar que a região ativa está, aproximadamente, acima de 0,25V, e saturação, abaixo disso.

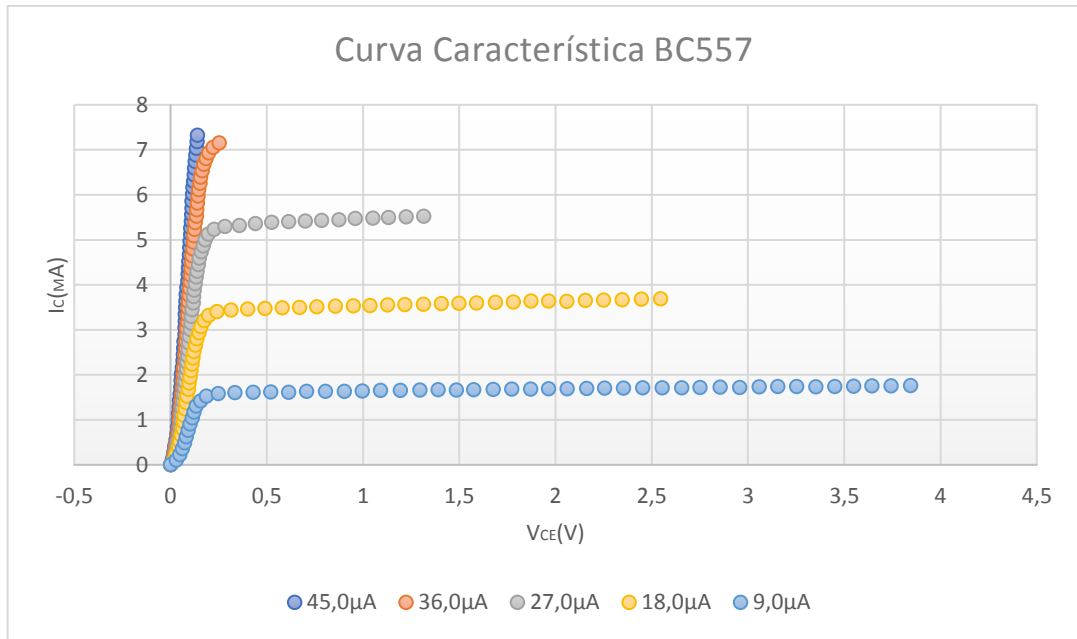


Figura 17 - Curva Característica do BC557 - Fonte: Tavares, M.V.

2.3.2.5 Curva Característica do N-Mosfet – IRF530

Podemos observar no gráfico, Figura 18, que a zona de saturação é linear para tensões acima de 0,25V.

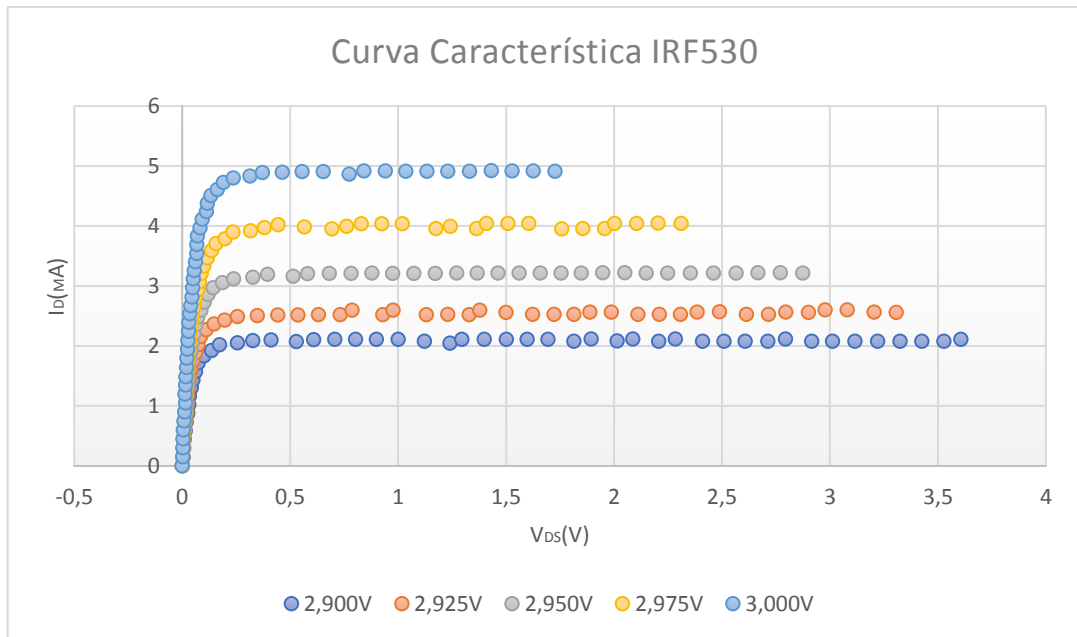


Figura 18 - Curva Característica do IRF530 - Fonte: Tavares, M.V.

2.3.2.6 Curva Característica do P-Mosfet – IRF9540

Podemos observar no gráfico, Figura 19, que a zona de saturação é linear para tensões acima de 0,25V.

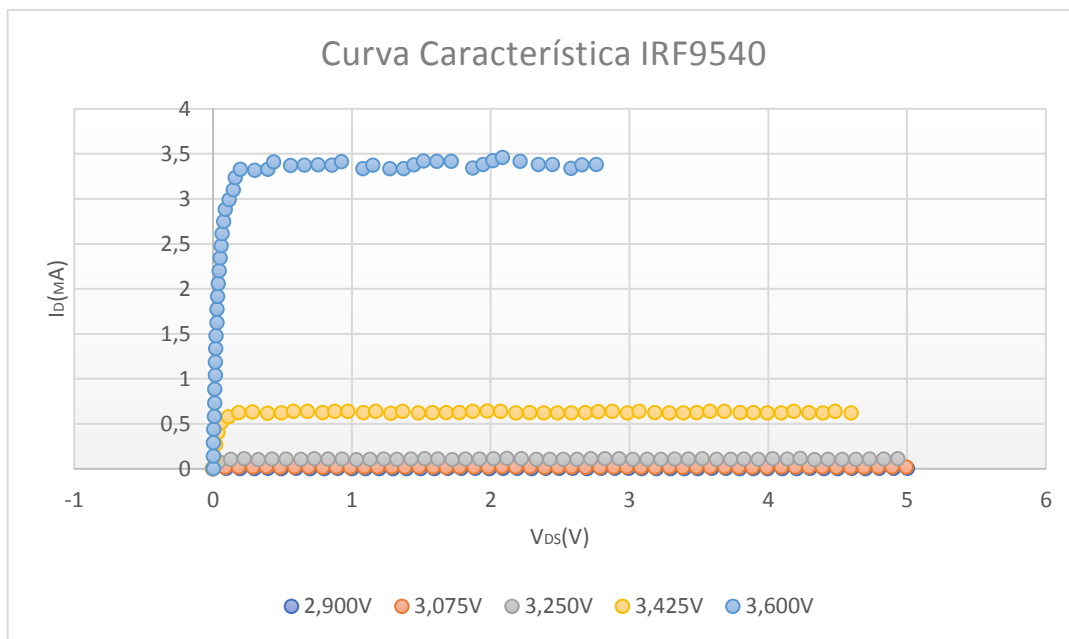


Figura 19 - Curva Característica do IRF9540 - Fonte: Tavares, M.V.

3 Conclusão

Foi possível perceber que há muita preocupação/interesse pela Sustentabilidade na área de eletrônica por parte dos professores de Ciência e excluí-los dessa iniciativa pode acarretar perdas para toda sociedade.

A construção de mais uma ponte para aprendizado/desenvolvimento da eletrônica para professores e diminuir as limitações impostas por falhas no Currículo dos professores de Ciências será sempre gratificante.

Demonstramos em documentos dos próprios fabricantes de componentes que eles não se utilizam de material reciclado ou refugo, devido a fatores construtivos dos componentes por possíveis contaminantes existentes nestes materiais.

Segundo a tabela 1, fica evidente que destruir um componente que ainda funcione, não é alternativa sustentável, pois o valor do componente na grande maioria dos casos é maior que o valor dos metais raros que o compõe.

Assim, a utilização de componentes reaproveitados de equipamentos eletrônicos, além de uma alternativa sustentável, permite o desenvolvimento de atividades que desenvolvam habilidades e despertem vocações para área de eletrônica/microeletrônica e demais áreas de exatas.

Com relação às aplicações como exemplo, na primeira da medição de temperatura utilizando um termistor retirado de uma fonte de computador, a mudança para outros modelos de sensores, medição em outras regiões do corpo e comparação com dados obtidos utilizando termômetro clínico digital são modificações que podem ser feitas em trabalhos futuros com objetivo de melhorar não só a precisão como a independência de curvas de calibração, mas com uma simples montagem foi possível desenvolver atividades que envolvessem o tratamento das informações e o letramento estatístico, assim como possibilita relacionar o uso do Arduino com a importância do acompanhamento desses parâmetros na manutenção da saúde humana e com resultado satisfatório, pois a média da temperatura axilar obtida foi $(36,0 \pm 0,2)^{\circ}\text{C}$ e que com termômetros clínicos fica ao redor de $36,5^{\circ}\text{C}$.

No traçador de curva, o limite atual de 5V, devido ao uso da única fonte fornecida pela USB deverá ser trocado para tensões superiores alcançando 50V ou até mais dependendo do componente. Na programação, o aumento do *buffer* da serial facilita a ampliação do número de curvas e pontos, mas exigirá uma nova forma para manusear os dados, que não seja mais manual. Mesmo a saída visual do *Processing*,

ela ainda não é suficientemente adequada, pois, não há um tratamento dos dados. Assim é passível uma nova mudança de plataforma como *Python*, para melhorar a visualização dos dados graficamente em tempo real. De qualquer forma, para o que foi proposto que era a visualização básica para cada tipo de componente e que foi adequada e que serve para muitos casos, verificação e comparação de componentes. Já servindo ao propósito da reciclagem destes componentes.

O assunto deste TCC permitiu realizar durante sua execução, a visualização de sua importância, antes mesmo do seu término, demonstrando o quanto as pessoas estão realmente preocupadas com o meio ambiente, palavras que antes eram desconhecidas ou pouco faladas pelo público em geral, como sustentabilidade e reciclagem ascendente, e que agora começam a participar do seu vocabulário.

Para os Professores espera-se que se abra uma nova possibilidade de ampliar o seu conteúdo em sala de aula e ampliando seus conhecimentos em uma área tão vasta, que é a eletrônica.

Referências

- [1] Eagles, Kate. **Trending Upward**. Recycling Today. Disponível em <<https://www.recyclingtoday.com/article/rt0714-plastics-commodity-focus/>>. Acesso em 20/04/2019.
- [2] GABRYS, J. **Digital rubbish: a natural history of electronics**. USA. University of Michigan Press; 2016.
- [3] UNESCO. **Educação para um Futuro sustentável: Uma visão transdisciplinar para ações compartilhadas**. Brasil. IBAMA. 1999.
- [4] USP-ESCOLA. **DADOS DO 9º ENCONTRO USP-ESCOLA**. Disponível em <<http://encontrouspescola.blogspot.com.br/search/label/Dados%209o%20Encontro%20USP-Escola>>. Acesso em 20/04/2019.
- [5] Governo do Estado de São Paulo. **Mais de 10 mil estudantes de escolas de tempo integral terão aula de robótica online**. Disponível em <http://www.saopaulo.sp.gov.br/sala-de-imprensa/release/mais-de-10-mil-estudantes-de-escolas-de-tempo-integral-terao-aula-de-robotica-online/>. Acesso em 20/04/2019.
- [6] Oliveira, V. **São Paulo ganha novo laboratório maker para alunos da rede pública**. Agência Provir. 2017. Disponível em <<http://porvir.org/sao-paulo-ganha-novo-laboratorio-maker-para-alunos-da-rede-publica/>>. Acesso em 29/05/2019.
- [7] Braga, N.C. **Poeira tóxica em equipamentos eletrônicos**. Disponível em <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/saude-e-meio-ambiente/4552-ma034>. Acesso em 26/05/2019.
- [8] Bergamin, G. **Deslocamento em aterro sanitário de Guarulhos deixa cidade em estado de emergência**. G1. 2019. Disponível em <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2018/12/31/deslocamento-de-aterro-sanitario-em-guarulhos-deixa-cidade-em-estado-de-emergencia.ghtml>>. Acesso em 26/05/2019.
- [9] Rébula de Oliveira, Uanderson. **Logística reversa de resíduos de eletroeletrônicos e a sustentabilidade ambiental**. São Paulo. Saraiva. 2019.

- [10] Earth Summit. Disponível em <<http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html>>. Acesso em 23/04/2017.
- [13] **Conflict Minerals Documents**. Diodes Incorporated. Disponível em <<https://www.diodes.com/assets/Quality-Reliability-Docs/Conflict-Minerals-Report.xlsx>>. Acesso 29/05/2019.
- [11] LEONARD, A. **A História das Coisas**. Rio de Janeiro. Zahar. 2010.
- [12] COSTANZA, R. e DALY, H. E. 1992. **Natural capital and sustainable development**. Conservation Biology 6: 37-46.
- [16] Material contente – TL494CN. Disponível em <<https://www.ti.com/materialcontent/en/report?pcid=75162&opn=TL494CN>>. Acesso em 27/05/2019.
- [17] Material composition – LA6339. Disponível em <<https://www.onsemi.com/PowerSolutions/MaterialComposition.do=LA6339>>. Acesso em 27/05/2019.
- [18] Material contente – ULN2803. Disponível em <<https://www.ti.com/materialcontent/en/search?partType=tiPartNumber&partNumber=ULN2803>>. Acesso em 27/05/2019.
- [19] Material composition – MC74HC00. Disponível em <<https://www.onsemi.com/PowerSolutions/MaterialComposition.do?searchParts=74HC00%0D%0A>>. Acesso em 27/05/2019.
- [20] Material compositon – MC74HC08. Disponível em <<https://www.onsemi.com/PowerSolutions/MaterialComposition.do?searchParts=74hc08%0D%0A>>. Acesso em 27/05/2019.

[21] Material composition – MC74HC244. Disponível em <<https://www.onsemi.com/PowerSolutions/MaterialComposition.do?searchParts=MC74HC244A>>. Acesso em 27/05/2019.

[22] Material composition – MC74HC245. Disponível em <<https://www.onsemi.com/PowerSolutions/MaterialComposition.do?searchParts=MC74HC245%0D%0A%0D%0A>>. Acesso em 27/05/2019.

[23] Material declaration – M24512. Disponível em <https://www.st.com/content/ccc/resource/quality_and_reliability/quality_certificate/material_declaration/group3/1b/44/63/8a/e2/37/45/67/DM00173456/files/PT6P_24121KV_signed.pdf/jcr:content/translations/en.PT6P_24121KV_signed.pdf>. Acesso em 27/05/2019.

[24] Material composition – IRF644. Disponível em <<https://www.onsemi.com/PowerSolutions/MaterialComposition.do?searchParts=irf640>>. Acesso em 27/05/2019.

[25] Material composition – IRF830. Disponível em <<https://www.onsemi.com/PowerSolutions/MaterialComposition.do?searchParts=IRF830%0D%0A>>. Acesso em 27/05/2019.

[26] Material composition – LM7805. Disponível em <<https://www.onsemi.com/PowerSolutions/MaterialComposition.do?searchParts=7805%0D%0A%0D%0A>>. Acesso em 27/05/2019.

[27] Material composition – LM7812. Disponível em <<https://www.onsemi.com/PowerSolutions/MaterialComposition.do?searchParts=7812%0D%0A>>. Acesso em 27/05/2019.

[28] Material composition – FDMS3572. Disponível em <<https://www.onsemi.com/PowerSolutions/MaterialComposition.do?searchParts=3572%0D%0A>>. Acesso em 27/05/2019.

- [15] Bullion Rates. Disponível em <<https://pt.bullion-rates.com/gold/BRL/spot-price.htm>>. Acesso em 27/05/2019.
- [29] LIMA, T. **Microchip anuncia compra da Atmel**. Embarcados. 2016. Disponível em < <https://www.embarcados.com.br/microchip-compra-atmel/>>. Acesso em 25/05/2019.
- [14] BRAGA, B.; et al. **Introdução à Engenharia Ambiental. O desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall; 2005.
- [30] CAZORLA, I.; SANTANA, E. (org.) **Do tratamento da informação ao letramento estatístico**. Bahia: Via Litterarum, 2010.
- [33] MAMEDE, M.V. **Técnicas de enfermagem**. São Paulo: Savier, 1981.
- [34] VUOLO, J.H. **Fundamentos da teoria de erros**. São Paulo: Edgard Blücher, 1992.
- [35] Sauer, D. **Arduino BiCMOS Curve Tracer**. Disponível em < <http://www.idea2ic.com/BiCmosCurveTracer/Arduino%2520BiCmos%2520Curve%2520Tracer.html>>. Acesso em 29/05/2019.
- [31] BALBINOT, A. **Instrumentação e fundamentos de medidas**, v.1. Rio de Janeiro: LTC. 2011.
- [32] BALBINOT, A. **Instrumentação e fundamentos de medidas**, v.2. Rio de Janeiro: LTC. 2011.
- [36] ZUFFO, J.A. **Dispositivos Eletrônicos: Física e Modelamento**. Rio de Janeiro: McGraw-Hill do Brasil. 1976.
- [37] Bright LED Electronics Corp. **LEDs**. Disponível em <<https://www.americanbrightled.com/product/through-hole/>>. Acesso em 27/05/2019.

[38] Diodes Incorporated. **1N4007**. Disponível em <<https://www.diodes.com/assets/Datasheets/ds28002.pdf>>. Acesso em 27/05/2019.

[39] Diodes Incorporated. **1N4148**. Disponível em <https://www.diodes.com/assets/Datasheets/products_inactive_data/ds12019.pdf>. Acesso em 27/05/2019.

[40] Semiconductor Components Industries. **BC548**. Disponível em <<https://www.onsemi.com/pub/Collateral/BC550-D.pdf>>. Acesso em 27/05/2019.

[41] Semiconductor Components Industries. **BC557**. Disponível em <<https://www.infineon.com/dgdl/irf530npbf.pdf?fileId=5546d462533600a4015355e386b1199a>>. Acesso em 27/05/2019.

[42] Infineon Technologies AG. **IRF530N**. <<https://www.infineon.com/dgdl/irf530npbf.pdf?fileId=5546d462533600a4015355e386b1199a>>. Acesso em 27/05/2019.

[43] Infineon Technologies AG. **IRF9540N**. <<https://www.infineon.com/dgdl/irf9540npbf.pdf?fileId=5546d462533600a401535611cf a21dc8>>Acesso em 27/05/2019.

[44] Youse + Acolab. Produção: Youse Brasil, 2016. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=j2tnMLiM2H4&t=5s>>. Acesso em 15/01/2019.

[45] O seguro residencial da Youse é #TipoVc. Produção: Youse Brasil, 2016. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=63vdtAbHKpg>>. Acesso em 15/01/2019.

[46] Seguro auto #TipoVc: a Youse tem. Produção: Youse Brasil, 2016. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=OuA7pAfpFuc>>. Acesso em 15/01/2019.

[47] Ocupação Youse. Produção: Youse Brasil, 2016. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=Fv2jV5nE0As&t=5s>>. Acesso em 15/01/2019.

Apêndice

Apêndice A

Ao começar este TCC também estava começando a participar de um coletivo que se interessa pela mesclagem das Artes com Tecnologia, e sempre o interesse de expandir e mesclar lado artístico e tecnológico me atraiu, a recepção pelo coletivo com as ideias e pensamentos sobre Sustentabilidade foram sempre produtivas.

Em meados de julho de 2016, participamos de um concurso Nacional para escolha de coletivos para desenvolverem uma marca de uma empresa nacional no ramo de seguros, Youse pertencente a Caixa Seguradora, mas na época não sabíamos, após vários estágios de escolha por parte dos criadores da campanha sobrou 10 coletivos participantes, então partiram para entrevistas com os coletivos pessoalmente.

O que diferenciou nosso coletivo dos demais foi o fato de trabalharmos com a reciclagem de forma ascendente, e objetivando esse elo das artes com tecnologia. A escolha final ocorreu com 3 coletivos onde um dos coletivos ligado ao uso racional das roupas, Roupas Livres, outro era um coletivo dos Coletores de inclusão digital e intervenções urbanísticas e o coletivo AcoLAB que remete a Sustentabilidade com a reciclagem de eletrônicos do qual participo.



Figura 20 - Convite para o dia da ocupação - Fonte: Youse

O que nos deixou muito feliz foi ter boa parte das instalações seguindo o tema deste TCC e que tiveram seu ápice em uma amostra chamada de Ocupação Youse que serviu para gravação de vídeo promocional para as redes de televisão e também nas mídias sociais.

Durante a ocupação foi realizada uma aula de robótica com a utilização de material reciclado para mostrar que qualquer coisa pode ser utilizada desde que se saiba aonde se quer chegar e como.

O que tempos atrás achava que seria uma tarefa difícil e árdua de divulgar, mas já com alegria de que estas ideias para Professores acabassem por conscientizar no dia a dia da sala de aula, acabou por ser um projeto que atingiu um grupo muito maior que o esperado.

No mês de janeiro de 2017 os vídeos no Youtube já tiveram mais de 150.000 visualizações só para o de divulgação do coletivo (Youse+AcoLAB, 2017), o outro mostrando uma das obras – Yousemon - 1.300.000 visualizações (O seguro residencial da Youse é #TipoVc, 2017), o outro da estrutura da ocupação com 2.200.00 visualizações (Seguro auto #TipoVc: a Youse tem, 2017), e o vídeo promocional de chamada para o vídeo principal já alcançou cerca de 1.400.000 visualizações (Ocupação Youse, 2017).[44][45][46][47]

Este trabalho foi complementar ao meu TCC durante toda a sua execução, e tive/tenho pedidos de pessoas das comunidades artísticas e professores para que o retorno deste TCC seja disponibilizado no site www.ideiaeacao.net.br.

No segundo semestre de 2019 o site deve receber apoio para sua manutenção para que a ideia da Reciclagem Ascendente se expanda.



Figura 21 - Competição de robótica - Fonte: Youse

Apêndice B

Dados coletados para o tratamento estatístico

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Distribuição Normal									
2		Temperatura									
3											
4		Mínimo	35,60050					n			
5		Máximo	36,11500					200			
6											
7		Média	35,9933								
8		DesvioP	0,1961								
9											
10	35,60050	35,60050	35,60050	35,60050	35,60050	35,60050	35,60050	35,68750	35,68750	35,68750	
11	35,68750	35,68750	35,68750	35,68750	35,68750	35,68750	35,72400	35,72400	35,72400	35,72400	
12	35,72400	35,72400	35,72400	35,72400	35,72400	35,72400	35,72400	35,78950	35,78950	35,78950	
13	35,78950	35,78950	35,78950	35,78950	35,78950	35,78950	35,78950	35,78950	35,78950	35,78950	
14	35,78950	35,78950	35,78950	35,78950	35,83100	35,83100	35,83100	35,83100	35,83100	35,83100	
15	35,83100	35,83100	35,83100	35,83100	35,83100	35,83100	35,83100	35,83100	35,83100	35,83100	
16	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	
17	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	35,89950	
18	35,94300	35,94300	35,94300	35,94300	35,94300	35,94300	35,94300	35,94300	35,94300	35,94300	
19	36,01350	36,01350	36,01350	36,01350	36,01350	36,01350	36,01350	36,01350	36,01350	36,01350	
20	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	
21	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	36,09310	
22	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	
23	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	36,09550	
24	36,09550	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	
25	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	36,09900	36,15600	
26	36,15600	36,15600	36,15600	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	
27	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	
28	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,21500	36,28800	
29	36,37500	36,37500	36,37500	36,37500	36,37500	36,37500	36,37500	36,37500	36,37500	36,37500	
30											

Tabela 2 - Dados da temperatura corpórea. Fonte: Tavares, M.V.

Construção das classes

K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	#Classes	Inferior	Superior	Xi	Zi	Classes	Calculado	Real
	1	35,50000	35,65000	35,575	-2,1330739	35,5-35,65	0,041009945	0,035
	2	35,65000	35,80000	35,725	-1,585161	35,65-35,8	0,113573371	0,178947
	3	35,80000	35,95000	35,875	-0,9084546	35,8-35,95	0,264058814	0,255556
	4	35,95000	36,10000	36,025	-0,1355316	35,95-36,1	0,395295008	0,4
	5	36,10000	36,25000	36,175	0,74376309	36,1-36,25	0,302543473	0,1875
	6	36,25000	36,40000	36,325	1,74334038	36,25-36,4	0,08728677	0,08
	7	36,40000	36,55000	36,475	2,93901314	36,4-36,55	0,00531173	0

Tabela 3 - Classes da distribuição dos dados da temperatura corpórea. Fonte: Tavares, M.V.

ANEXO

Anexo A

Listagem do Programa para Arduino para coleta da temperatura.

```
int R1=9940;           // Resistência do divisor de tensão
float Bt=3950.0;       // Parâmetro  $\beta$ 
float Tc=0;            // Temperatura em °C

void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
}

void loop(void) {
  updatetemp();
}

void updatetemp()      // function which generates temperature
{
  int x=analogRead(A1); // Leitura da tensão na porta analógica A1
  float Vout=x*(5/1023.0); // Transformação da tensão
  float Rt=R1*Vout/(5.0-Vout); // A resistência do termistor no divisor de tensão
                                // para ser usado no cálculo da temperatura
  float a1=1/298.16;      // 25°C em 298,16 K
                                // e o seu inverso na equação
  float b1=1/Bt;          // Inverso do parâmetro  $\beta$ 
  float c1=log(Rt/8.0);   // Valor do resistor no divisor de tensão (8  $\Omega$ )
                                //
  float y1=a1+b1*c1;      // Resultado da equação
  float T=1/y1;           // Conversão de Kelvin para Celsius
  Tc=T-273.16;           //
  Serial.println(Tc);     // Imprime na saída serial
}
```


Anexo B

Detalhe da folha de dados do termistor, realçado em azul, utilizado nesta aplicação exemplo.



CANTHERM

Supplying high-quality bimetal and thermal sensor products.

Part NO.	R ₂₅ (Ω)	Max. Steady State Current (A)	Approx.R of Max.Cur (Ω)	Dissi,Coef. (mW/°C)	Thermal time Constant (S)	UL Recognized	Operating Temp. (°C)
MF72-60D9	60	0.8	1.502	11	30	✓	
MF72-80D9	80	0.8	2.010	11	30	✓	
MF72-120D9	120	0.8	3.015	11	30	✓	
MF72-200D9	200	0.5	5.007	11	32	✓	
MF72-400D9	400	0.2	9.852	11	32	✓	
MF72-2.5D11	2.5	5	0.095	13	43		
MF72-3D11	3	5	0.100	13	43		
MF72-4D11	4	4	0.150	13	44		
MF72-5D11	5	4	0.156	13	45		
MF72-6D11	6	3	0.240	13	45		
MF72-8D11	8	3	0.255	14	47		-55 to +200
MF72-10D11	10	3	0.275	14	47		
MF72-12D11	12	2	0.462	14	48		
MF72-16D11	16	2	0.470	14	50		
MF72-20D11	20	2	0.512	15	52		
MF72-22D11	22	2	0.563	15	52		
MF72-30D11	30	1.5	0.667	15	52		
MF72-33D11	33	1.5	0.734	15	52		
MF72-50D11	50	1.5	1.021	15	52		
MF72-60D11	60	1.5	1.215	15	52		
MF72-80D11	80	1.2	1.656	15	52	✓	
MF72-1.3D13	1.3	7	0.062	13	60	✓	
MF72-1.5D13	1.5	7	0.073	13	60	✓	



CANTHERM

8415 Mountain Sights Avenue • Montreal (Quebec), H4P 2B8, Canada

Tel: (514) 739-3274 • 1-800-561-7207 • Fax: (514) 739-2902

E-mail: sales@cantherm.com • Website: www.cantherm.com

Tabela 4 - Datasheet (Folha de dados) do termistor. Fonte: Cantherm

ANEXO C

Arduino

```

int tri =      5;           // Onda Triangular na D5
int vg =      3;           // Valor do passo da tensão na porta D3
int j =       0;           // Valor da Onda Triangular
int k =       0;           // Valor do passo
int slope =   4;
int           incomingByte; // Lê dados da entrada da serial

void          setup()
{
  Serial.begin(9600);       // Inicializa a comunicação serial
  pinMode(tri, OUTPUT);
  pinMode(vg, OUTPUT);
} // setup

void          loop()
{
  if          (Serial.available() > 0) // Vê se há dados na serial
  {
    incomingByte = Serial.read();      // Lê o byte mais antigo no buffer da serial
  } // if (Serial.available() > 0)

  if          (incomingByte == 'H')    // Se entrada "H"==ASCII 72 saída da impressão
  {
    delay(10);
    j = j+slope;
    analogWrite(tri, j);               // Gera um PWM de 488 Hz
    analogWrite(vg, k);               // Gera um PWM de 488 Hz
    Serial.print(analogRead(0));       // Lê corrente em A0
    Serial.print(" ");
    Serial.println(analogRead(1));     // Lê tensão tri em A1
    delay(10);                        // Para estabilizar o ADC um delay de 10 ms
    if (j > 251) slope = -4 ;
    if (j < 1)
    {
      slope = 4 ;
      k = k + int(255/5);
    } // if (j > 251) slope = -4 ;
    if (k > 255 ) k = 0 ;
  } // if (incomingByte == 'H')
} // loop()

```

Processing

```

import          processing.serial.*;
PrintWriter     output;                // Arquivo de saída
Serial          myPort;                // Porta Serial
int             xPos = 1;              // Posição do Gráfico horizontal

void setup ()

{
    size(300, 300);                    // seta o tamanho da janela
    println(Serial.list());            // Lista as portas seriais
    myPort = new Serial(this, "COM6", 9600 ); // inicializa para 9600 baud
    myPort.bufferUntil('\n');          // serialEvent() @ \n:
    background(0);                     // seta o fundo inicial em preto
    println("Clique na image e em <s> para iniciar"); // inicia entrada dos dados da serial
    println("Hit w to write to file"); // dump para o arquivo gravado até parar
    String file = String.valueOf(year());
    file = file + "." + String.valueOf(month());
    file = file + "." + String.valueOf(day());
    file = file + "." + String.valueOf(hour());
    file = file + "." + String.valueOf(minute());
    file = file + "." + String.valueOf(second()) + ".mat";
    println(file);
    output = createWriter(file);        // Sketch-> Show_Sketch_fie (No menu)
}                                     // setup

void            draw ()

{
    if(keyPressed)
    {
        if(key == 's' || key == 'S')
        { myPort.write(    "H");
          }                                     //if (key == 's' || key == 'S')
        if(key == 'w' || key == 'W')
        { output.flush(); // escreve o conteúdo para dentro do arquivo
          output.close(); // fecha o arquivo
          exit();         // parade do programa
          }               // if (key == 'w' || key == 'W')
        }                 // if(keyPressed)
    }                     // draw ()

void serialEvent (Serial myPort)

{ String inString = myPort.readStringUntil('\n'); // pega uma sequência ASCII

if(inString != null)
    { inString = trim(inString);                 // trim o espaço em branco

```



```

int[] vv = int(split(inString, ' '));

output.println(inString);
float val0 = float(vv[0]);
float val1 = float(vv[1]);

val0 = map(val0, 0, 1023, 0, height*.95);
val1 = map(val1, 0, 1023, 0, height*.95);
stroke(127,34,255); // cor das linhas
line(val1, height - val0-1, val1+1, height - val0); // desenha a linha
if(xPos >= 6*width)
{ xPos = 0; // auto redraw
  background(0);
} // if (xPos >= 2*width)
else
{ xPos= xPos+1;
} // else
} // if (inString != null)
} // serialEvent (Serial myPort)

```