

Trabalho de Conclusão de Curso

Engenharia de Computação

Confecção de Kits de Treinamento Montados a Partir de Equipamentos Obsoletos ou Defeituosos Descartados

Autor: Mércio Antônio Oliveira de Andrade

Orientador: Sérgio Campello Oliveira



UNIVERSIDADE
DE PERNAMBUCO

Mércio Antônio Oliveira de Andrade

**Confecção de Kits de Treinamento
Montados a Partir de Equipamentos
Obsoletos ou Defeituosos
Descartados**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia da Computação pela Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco.

Recife, junho de 2010.

Dedico este trabalho à minha amada esposa Mônica, pelo incentivo e apoio tão importantes para que eu alcançasse meus objetivos e aos nossos filhos Mércio e Melissa.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade de aprender, e pela vitória de ter concluído o curso de Engenharia da Computação.

Agradeço a meus pais pela educação que me deram.

Agradeço a todos os Professores do DSC-UPE, em especial ao Professor Orientador Sérgio Campello, pela sua paciência e orientação.

Agradeço ao Professor Fernando Buarque por ser provocador e estimulador de boas atitudes e por ensinar, entre tantas coisas valiosas, a importância do bem estar social.

Resumo

No mundo é crescente a preocupação com o descarte de equipamentos elétricos e eletrônicos. Os resíduos gerados por tais aparelhos são prejudiciais a saúde humana e ao meio ambiente. O problema se torna mais grave no que diz respeito aos equipamentos de tecnologia da informação e comunicação, eles apresentam uma produção crescente e um tempo de vida cada vez mais breve. O desafio, então, é encontrar alternativas para promover a produção, o uso e o descarte de tais equipamentos de forma sustentável, preservando recursos naturais e a saúde humana. É importante notar que as sucatas, embora fora de uso, possuem componentes que ainda estão funcionando, podendo ser reutilizados na construção de outros dispositivos. Nesse contexto, a pesquisa introduz um referencial teórico do assunto, propõe uma metodologia para confecção dos kits eletrônicos de treinamento montados a partir dos componentes removidos de sucatas de equipamentos e realiza o experimento de montagem de um kit de treinamento seguindo a metodologia proposta. A idéia é que os artefatos, compostos por diversos componentes eletrônicos, elétricos ou mecânicos removidos das sucatas, possam atuar como ferramentas de treinamento de estudantes de engenharia e técnicos, permitindo que realizem experimentos práticos aplicando os conceitos teóricos abordados em sala de aula. A produção de tais kits poderá trazer benefícios ao meio ambiente, através do reuso de componentes e o correto encaminhamento dos materiais recicláveis, contidos nos equipamentos descartados, devidamente separados durante o processo.

Abstract

In the world there is a growing concern about the disposal of electrical and electronic equipment. The wastes generated by these devices are harmful to human health and the environment. The problem becomes more serious with regard to equipment of information technology and communication, they have increased production and a lifetime becoming shorter. The challenge then is to find alternatives to promote production, use and disposal of such equipment in a sustainable way, preserving natural resources and human health. It is important to note that scrap, though out of use, have components that are still functioning and can be reused in construction of other devices. In this context the research introduces a theoretical reference, proposes a methodology for the fabrication of electronic training kits assembled from components removed from scrap equipment and performs the experiment of setting up a training kit following the proposed methodology. The idea is that the artifacts, consisting of various electronic components, electrical or mechanical removed from scrap, can act as tools for training of engineering students and technicians, enabling conduct practical experiments by applying the theoretical concepts discussed in class. The production of these kits will bring benefits to the environment through the reuse of components and correct forwarding of recyclable materials contained in the discarded equipment, adequately separated during the process.

Sumário

Capítulo 1 introdução.....	14
1,1 Metodologia científica aplicada.....	15
1.2 Questões Principais da Pesquisa.....	15
1.3 Estrutura do Documento.....	16
Capítulo 2 Referencial Teórico.....	17
2.1 O Lixo Eletrônico e o Meio Ambiente.....	17
2.2 Materiais Contidos no E-lixo.....	19
2.3 Iniciativas para Conter a Escalada do REEE.....	21
2.4 Computadores e o Meio Ambiente.....	23
2.5 Alternativas para o Computador Obsoleto.....	24
2.5.1 Reciclagem.....	25
2.5.2 Reuso.....	25
2.5.3 Descarte em Aterros.....	25
2.2 Trabalhos Relacionados.....	26
Capítulo 3 Confeção dos Kits de Treinamento.....	29
3.1 Método Proposto para Produção dos Kits.....	31
3.1.1 Coleta de sucatas.....	32
3.1.2 Desmontagem.....	33
3.1.3 Remoção dos componentes.....	34

3.1.4 Identificação e classificação dos componentes.....	34
3.1.5 Testes dos componentes.....	34
3.1.6 Elaboração do projeto do artefato.....	35
3.1.7 Construção do artefato.....	35
3.1.8 Teste de funcionamento.....	35
3.1.9 Separação de resíduos.....	36
Capítulo 4 O Experimento.....	37
4.1 Coleta dos Equipamentos Descartados.....	37
4.2 Escolha das Amostras.....	38
4.3 Desmontagem dos Equipamentos.....	40
4.4 Remoção dos Componentes.....	42
4.5 Identificação dos Componentes.....	46
4.6 Teste dos Componentes.....	47
4.7 Projetando o Kit.....	48
4.8 Construção do Kit.....	49
4.9 Teste do Kit.....	57
4.10 Separação dos Materiais Recicláveis.....	58
4.11 Análise de Resultados.....	58
Capítulo 5 Conclusão e Trabalhos Futuros.....	60
5.1 Contribuições.....	61
5.2 Discussões.....	62

5.3 Trabalhos Futuros.....	63
Bibliografia.....	64

Índice de Figuras

Figura 1. Materiais que compõem o <i>e-waste</i>	20
Figura 2. Alternativas para o PC obsoleto.....	24
Figura 3. Kit para demonstração de funcionamento do motor de passo..	27
Figura 4. Kit de eletrônica digital	28
Figura 5. Fluxo estabelecido pela produção dos kits.....	30
Figura 6. <i>No-break stay 600</i>	39
Figura 7. Impressora SC 20UX.....	40
Figura 8. Impressora fx870.....	40
Figura 9. <i>No-break stay 600</i> desmontado.....	41
Figura 10. Impressora SC 20UX desmontada.....	41
Figura 11. Impressora fx870 desmontada.....	42
Figura 12. Placa do <i>no-break stay 600</i>	43
Figura 13. <i>Buzzer</i>	47
Figura 14. Projeto básico do kit.....	49
Figura 15. <i>Pin-out</i> da porta paralela.....	50
Figura 16. Diagrama do motor de passo bipolar.....	52
Figura 17. Acionamento do motor bipolar.....	52
Figura 18. Circuito drive do motor bipolar.....	53
Figura 19. Diagrama do motor de passo.....	53

Figura 20. Acionamento do motor de passo quadripolar.....	54
Figura 21. Circuito drive do motor quadripolar.....	54
Figura 22. CI STA475A.....	55
Figura 23. Esquema interno do CI STA475A.....	56
Figura 24. Motor de passo obtido da impressora fx870.....	56
Figura 25. Kit básico montado.....	57

Índice de Tabelas

Tabela 1. Listagem de alguns itens comuns de <i>e-waste</i>	19
Tabela 2. Base instalada de EEE em toneladas.....	19
Tabela 3. Quantidade de REEE gerado em toneladas.....	19
Tabela 4. Substâncias danosas de <i>e-waste</i>	21
Tabela 5. Equipamentos coletados.....	38
Tabela 6. Tempo aproximado de desmontagem.....	42
Tabela 7. Semicondutores removidos da placa do <i>no-break</i>	43
Tabela 8. Resistores removidos da placa do <i>no-break</i>	44
Tabela 9. Capacitores removidos da placa do <i>no-break</i>	44
Tabela 10. Componentes diversos removidos da placa do <i>stay 600</i>	45
Tabela 11. Função de cada pino da porta paralela.....	50
Tabela 12. Endereço de registros da porta LPT1.....	50
Tabela 13. Configuração de cabo de comunicação do kit.....	51

Tabela de Símbolos e Siglas

AMD – *Advanced Micro Devices*

CEDIR – Centro de Descarte e Reuso de Equipamentos de Informática.

EEE – Equipamento Elétrico e Eletrônico.

FGV – Fundação Getúlio Vargas.

LCD – *Liquid Crystal Display*.

LED – *Light Emitting Diode*.

PC – *Personal Computer*.

RAM – *Random Access Memory*.

REEE – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

SMD – Surface Mount Device.

STeP – *Solving the E-waste Problem*.

SVCTV – *Silicon Valley Toxics Coalition*.

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação.

TRC – Tubo de Raios Catódicos.

USB – *Universal Serial Bus*.

Capítulo 1

Introdução

No mundo todo é crescente a preocupação com o descarte de equipamentos de informática, tais como, computadores, impressoras, estabilizadores, *no-breaks* e outros. Tais resíduos prejudicam o meio ambiente além de causar males à saúde humana [1].

O desafio atual é promover a produção, uso e descarte dos equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) de forma sustentável, preservando os recursos naturais do planeta e a saúde humana. Nesse contexto surgem como alternativas o reuso e a reciclagem.

A reciclagem de dispositivos tem sido usada como solução para a redução de resíduos. Através de processos de separação, os compostos químicos importantes para fabricação de novos componentes podem ser reutilizados pela indústria [2]. No entanto, a reciclagem depende de procedimentos sofisticados e dispendiosos para obtenção dos compostos químicos a partir das sucatas eletrônicas. No reuso, os equipamentos que chegam ao fim de seu tempo de vida útil são doados ou remanufaturados e revendidos.

Entretanto, deve-se observar que os equipamentos eletrônicos, tais como, impressoras, microcomputadores, *no-breaks*, monitores e outros, são constituídos por componentes, tais como, circuitos integrados, digitais e analógicos; motores de passo; capacitores; transistores; resistores; transformadores; reles; sensores; cabos e outros componentes mecânicos como molas, polias e correias e outros.

Embora o equipamento possa ter atingido seu tempo de vida útil, tornado-se obsoleto ou mesmo tenha ficado inoperante, vale salientar que muito dos componentes que os compõem continuam operacionais e podem ser reutilizados para construção de novos artefatos, evitando assim que sejam descartados na natureza e aumentando o tempo de vida útil de cada componente.

Com o objetivo de reaproveitar esses componentes, propõe-se a confecção de kits de treinamento, montados a partir de componentes eletrônicos, elétricos e peças mecânicas removidas de sucatas de equipamentos de informática, como computadores, impressoras, monitores, estabilizadores e outros equipamentos agregados ao uso do computador e demais periféricos.

Propõe-se uma metodologia para produção dos kits de treinamento, em que o processo de confecção seja dividido em etapas, tal divisão facilitará a compreensão dos procedimentos, a análise de resultados e a reprodução futura do método, bem como permitirá os aperfeiçoamentos futuros de cada etapa.

Levando-se em consideração o método proposto para criação dos dispositivos, foi realizado um experimento, que consistiu na produção de um kit básico de treinamento. Os objetivos foram avaliar a possibilidade de confecção do dispositivo e a coleta de informações de cada etapa do processo.

1.1 Metodologia Científica Aplicada

A pesquisa em questão se classifica, com base em seus objetivos, como sendo do tipo exploratória, de natureza qualitativa. E quanto à sua forma de coleta de dados, se configura como estudo de caso [4] [5].

1.2 Questões Principais da Pesquisa

A pesquisa pretende responder as principais questões:

- É possível confeccionar um kit de treinamento a partir de componentes elétrico e eletrônicos removidos de sucatas de equipamentos de informática?
- Como a confecção do artefato poderá contribuir para a preservação do meio ambiente?
- Como o dispositivo poderá contribuir para o aprendizado prático?

- É possível obter algum benefício social com a produção do Kit educacional montado a partir de sucatas?
- Como identificar componentes removidos de sucatas?
- Como testar os componentes removidos de sucatas?

1.3 Estrutura do Documento

O trabalho está dividido em cinco capítulos. O Capítulo 1 é introdutório e explica a motivação da pesquisa. Capítulo 2 apresenta um panorama do problema da geração de resíduos de equipamentos eletro-eletrônicos, apresenta os caminhos para o lixo digital gerado por computadores e periféricos e mostra os outros trabalhos relacionados com a reciclagem e a produção de kits de treinamento. O Capítulo 3 descreve o método proposto para produção dos kits de treinamento. O capítulo 4 relata o experimento realizado e a análise dos resultados e o Capítulo 5 traz a conclusão, contribuição, discussão e os trabalhos futuros sugeridos.

Capítulo 2

Referencial Teórico

Esse Capítulo faz uma contextualização do problema do lixo originado a partir do descarte de equipamentos elétricos e eletrônicos. Discorre sobre sua importância, exemplificando as substâncias nocivas contidas nos resíduos e mostra as alternativas atuais para redução dos efeitos negativos ocasionados ao meio ambiente e a saúde humana.

O Capítulo também aborda os caminhos a serem percorridos pelos computadores usados, e seus periféricos e agregados até o descarte final.

Na última seção são mostrados alguns trabalhos relacionados à reciclagem de materiais e produção de kits de treinamento utilizados em instituições de ensino e centros de treinamento.

2.1 O Lixo eletrônico e o Meio Ambiente

A humanidade preocupa-se cada vez mais com a crescente produção de lixo eletrônico e o seu efeito nocivo ao meio ambiente e à saúde humana [6]. Também denominado de *e-waste* ou Resíduo de Equipamento Elétrico e Eletrônico (REEE), o *e-lixo* é proveniente do descarte de dispositivos ou aparelhos eletrônicos quebrados, fora de uso ou que simplesmente não despertam mais interesse.

Encaixam-se na categoria de REEE aparelhos, tais como, televisores, computadores, monitores, impressoras, scanners, câmeras digitais, telefones, equipamentos de som, fornos de microondas, vídeo games, geladeiras, baterias, entre outros [7].

A quantidade de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEEs) descartados cresce rapidamente ao longo dos anos. No ano de 2006 a produção mundial de *e-waste* foi estimada em 18 a 35 milhões de toneladas, representando de 1 a 3% da produção global de lixo, que foi estimada em 1480 milhões de toneladas [8].

A constante inovação tecnológica e o crescimento econômico contribuem consideravelmente para o aumento da quantidade de resíduos eletrônicos descartados, uma vez abreviam do tempo de vida útil de cada aparelho.

Atualmente a capacidade dos processos de coleta, reciclagem e reuso não acompanham o ritmo de produção de novos bens EEE. Nos Estados Unidos da América (EUA), foi estimado que 9% dos EEE vendidos entre 1980 e 2004, que corresponde a 180 milhões de unidades, permaneceram armazenadas aguardando para serem eliminadas [9].

A Tabela 1 mostra exemplos de itens considerados *e-waste* com seus respectivos pesos e tempos de vida típicos estimados. O tempo de vida útil é importante para entender-se o impacto ambiental associado ao ciclo de vida do produto [10] e o número de aparelhos em serviço é fundamental para o cálculo da produção total de *e-waste*.

A Tabela 2 mostra a estimativa da base instalada de determinados itens de equipamentos elétricos e eletrônicos no Brasil em 2005 [12]. A Tabela 3 mostra a quantidade total de REEE, em toneladas, gerada anualmente por cada item em questão.

A partir dos dados contidos nas Tabelas 1, 2 e 3, pode-se observar a importância do tempo de vida atribuído a cada EE. Tomando-se da Tabela 1 o valor da base instalada de computadores pessoais (PCs) no Brasil em 2005, 483.800 toneladas/ano, e dividindo-se pelo tempo de vida associado ao item PC+monitor da Tabela 1, que é de 5 anos, têm-se a estimativa da quantidade de computadores descartados de 96.800 toneladas/ano. Realizando-se o mesmo cálculo para geladeiras obtêm-se 115.100 toneladas/ano.

Analisando-se os resultados do parágrafo anterior observa-se que, embora o computador, acrescido do monitor, pese aproximadamente a metade do peso da geladeira, o total de resíduos gerados por ambos são mais próximos que seus pesos. A contribuição relativa aos resíduos gerados por computadores obsoletos se torna mais importante à medida que o tempo de vida dos computadores tende a diminuir [12]. Supondo-se um tempo de vida

de 3 anos para os PC, teríamos como resultado 161.266 toneladas/ano, o que excederia o total de resíduos gerados por geladeiras.

Tabela 1. Listagem de alguns itens comuns de e-waste [12].

Item	Peso(kg)	Vida útil(anos)
PC + monitor	25	5-8
Lap top	5	5-8
Impressora	8	5
Celular	0,1	4
TV	30	8
Geladeira	45	10

Tabela 2. Base instalada de EEE em toneladas/ano [12].

Item	Brasil
Ano	2005
PC	483.800
Celular	8.600
TV	1.096.000
Geladeira	1.150.900

Tabela 3. Quantidade de REEE gerado em toneladas/ano [12].

Item	Brasil
Ano	2005
PC	96.800
Celular	2.200
TV	137.000
Geladeira	115.100

2.2 Materiais Contidos no e-lixo

A composição do REEE varia de acordo com o tipo de equipamento e tem mudado junto com o avanço tecnológico, é o caso da atual substituição dos monitores de raios catódicos por LCD e a troca dos antigos televisores por TVs de plasma, LED ou LCD. Entretanto, todos contêm substâncias valiosas ou tóxicas.

É difícil estabelecer com exatidão quais os materiais que compõem os e-waste, uma vez que eles são gerados a partir de uma grande diversidade de equipamentos descartados, a Figura 1 mostra dados da Irlanda em 2000 [13], com os principais materiais que compõem o e-lixo de acordo com seus pesos.

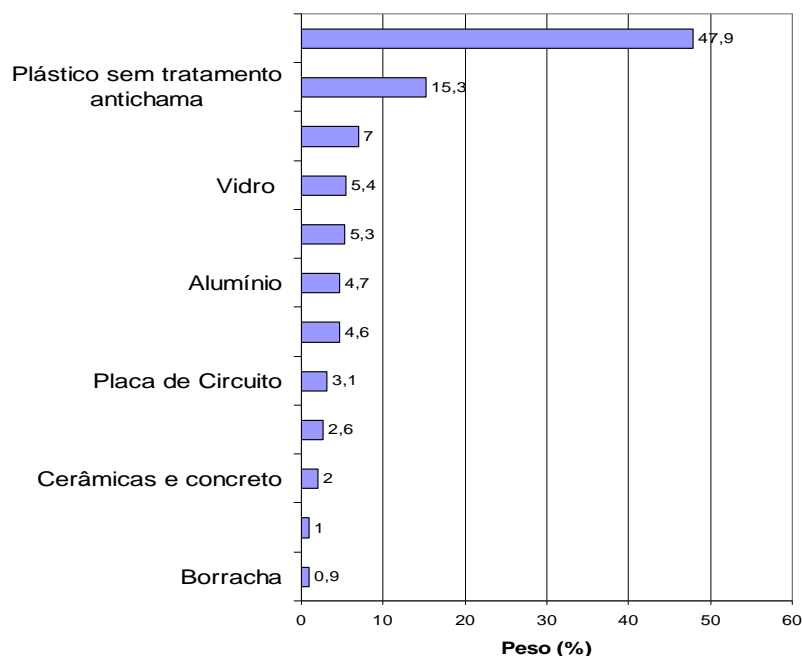


Figura 1. Materiais que compõe o e-waste (% peso)[13].

O descarte ou reciclagem sem controle do REEE acarreta em impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana, uma vez que tal resíduo pode conter mais de 1000 substâncias diferentes, sendo parte delas tóxicas, como chumbo, mercúrio, arsênico, cádmio, selênio, crômio hexavalente e retardante de chamas, que libera gases nocivos quando queimado [14]. O e-waste também contém metais preciosos como ouro, paládio, platina e prata, que compõem as placas de circuito impresso de computadores e celulares [15].

A principal preocupação com relação ao descarte de EEE diz respeito às substâncias tóxicas contidas nos resíduos. A Tabela 4 relaciona alguns dos mais importantes elementos nocivos, contidos nos REEE e seus efeitos correspondentes.

Tabela 4. Substâncias danosas do e-waste e seus efeitos [15].

Componente	Utilização	Efeitos nocivos
Antimônio	Semicondutores, ligas e soldas	Cancerígeno
Arsênico	Semicondutores, ligas e transistores	Aumenta o risco de Câncer na bexiga, rins, pele, fígado, pulmão, cólon
Bário	Painel frontal do TRC	Danos ao coração, fígado e baço
Berílio	Conectores, molas e relés	Cancerígeno
Cádmio	Placas de Circuito impresso, TRC, resistores SMD, baterias, interruptores	Pode causar câncer no pulmão. Causa danos aos rins.
Chumbo	Soldagem de placa de Circuito impresso	Danos aos sistemas nervoso, endócrino e circulatório. Danos aos rins, ossos e intestino.
Cobre	Presente em diversos componentes	Pode gerar cirrose no fígado
Cromo hexavalente	Pigmentos e cobertura Aço inoxidável	Danos aos olhos e fígado Causa dermatites e úlceras na pele
Mercúrio	Termostatos, sensores, relés interruptores, baterias e lâmpadas fluorescentes	Danos ao cérebro, sistema nervoso central e rins Problemas na reprodução causados pela conexão com o DNA
PBB (bifenilas polibromadas) e PBDE (éter difenil polibromados)	Proteção antichama em placas de circuito impresso, cabos, conectores e eletrodomésticos	Desreguladores endócrinos

2.3 Iniciativas para Conter a Escalada do REEE

Diversas iniciativas têm sido tomadas, pelos países desenvolvidos, no intuito de controlar e estabelecer alternativas para mitigar os efeitos negativos ao meio ambiente e tornar a produção de EEE mais sustentável, atribuindo responsabilidades, criando regras para a fabricação de equipamentos e estabelecendo alternativas para a reciclagem de resíduos. Dentre as diversas iniciativas algumas se destacam por sua abrangência.

- Diretiva WEEE - *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Directive*. Foi aprovada em 2002 pelo parlamento europeu e entrou em

vigor em 2003, essa diretiva controla o descarte de equipamentos eletroeletrônicos ao fim de seu tempo de vida útil, bem como a porcentagem que é destinada aos aterros sanitários. Estabelece metas para o percentual de equipamentos que serão reciclados ou recuperados e especifica dez categorias de tipos de REEE, cada categoria tendo sua própria meta para reciclagem e recuperação. Seus principais objetivos são reduzir a quantidade de REEE enviados para os aterros sanitários, incentivar a recuperação e a reciclagem e minimizar o impacto ambiental causado pelo sector de produção dos EEE [16].

- Diretiva RoHS - *Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment* (RoHs) é uma diretiva que inicialmente era parte integrante do texto da diretiva WEEE, mas atualmente atua de forma independente complementando essa mesma diretiva. O principal objetivo da diretiva é a proteção da saúde humana e do meio ambiente através da restrição do uso das substâncias tóxicas, chumbo, mercúrio, cádmio, cromo hexavalente, bifenilas polibromadas e éter difenil polibromados [16].
- SVTC. *Silicon Valley Toxics Coalition* (SVTC) - é uma organização sem fins lucrativos, fundada em 1982, baseada em San José no estado da Califórnia. Atua desenvolvendo pesquisas e desenvolvendo práticas para promover a saúde humana e a justiça ambiental, em resposta ao rápido crescimento da indústria de alta tecnologia. [19]
- StEP. *Solving the E-waste Problem* (StEP) - é uma iniciativa das Nações Unidas, criada em 2004, com o objetivo global de resolver o problema do lixo eletrônico, em colaboração com a indústria, governos, organizações internacionais e também promover alternativas para o manejo sustentável do lixo eletrônico. [12]

No Brasil não existe normas específicas para a gestão do REEE, restando aos fabricantes de equipamentos, comercializados em território brasileiro, se adaptarem às normas estrangeiras. A exceção é a norma 257 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que apenas determina normas para o descarte de pilhas e baterias [32]. Com a intenção de regulamentar o setor, foi criado o projeto de lei 203/1991 ou Plano Nacional dos

Resíduos Sólidos (PNRS), que aguarda ser submetido ao senado. Seu objetivo é obrigar os fabricantes a recolherem os produtos e embalagens dos EEE que produzem [33].

2.4 Computadores e o Meio Ambiente

O desenvolvimento da tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) tem produzido mudanças, no âmbito social e econômico, em todo mundo. Nesse contexto, o Computador Pessoal (PC) atua como peça importante para a infraestrutura de TIC. Cada vez mais os PCs estão presentes na vida das pessoas e sua ubiquidade é crescente em todo o planeta. Atividades humanas como comunicação, educação, gerenciamento, vendas, fabricação e medicina, entre outras, dependem de computadores para funcionar de forma eficiente.

Existe um custo ambiental associado à produção, uso e descarte do computador, que se torna cada vez mais relevante à medida que a sua base instalada aumenta e o tempo de vida útil se abrevia.

O PC traz em sua composição elementos químicos como, arsênico, cádmio e chumbo, que quando depositados diretamente no meio ambiente representam riscos à saúde humana [17], além de consumir recursos naturais de forma exacerbada. Para fabricação de um PC são utilizados, 240 Kg de combustíveis fósseis, 1500 Kg de água e 22 Kg de produtos químicos [17].

Em 2008 o Brasil contava com 60 milhões de PC e, segundo a Fundação Getulio Vargas (FGV), o mercado brasileiro de computadores passará dos atuais 72 milhões para 140 milhões de máquinas em 2014 [21]. No entanto, no Brasil pouco se sabe do que foi feito e que destino foi dado, ao longo dos anos, às sucatas dos computadores e dos dispositivos periféricos e agregados, que se tornaram inoperantes por causa de algum defeito ou simplesmente se tornaram obsoletos e foram descartados até mesmo em bom estado de funcionamento.

Depois de obsoleto o PC poderá seguir um dos quatro caminhos mostrados na Figura 2. A primeira alternativa é o reuso, significando que o computador poderá ser vendido ou doado a outro usuário sem muitas

modificações na máquina. Segunda, o usuário poderá manter o computador obsoleto, e que não serve para o reuso, guardado dentro de casa, tais equipamentos poderão ficar armazenados em galpões, quando em grandes quantidades. Terceiro, o computador que não serve mais para reuso, ficou obsoleto, ou veio da armazenagem, poderá ser enviado direto para a reciclagem. Se executado de forma correta, o processo de reciclagem permitirá o reaproveitamento de recursos naturais e evitará que os resíduos tóxicos contaminem o solo. A quarta e última opção é depositá-lo direto no aterro sanitário, sendo essa a pior opção, visto que os aterros e lixões não estão preparados para receber o lixo digital.

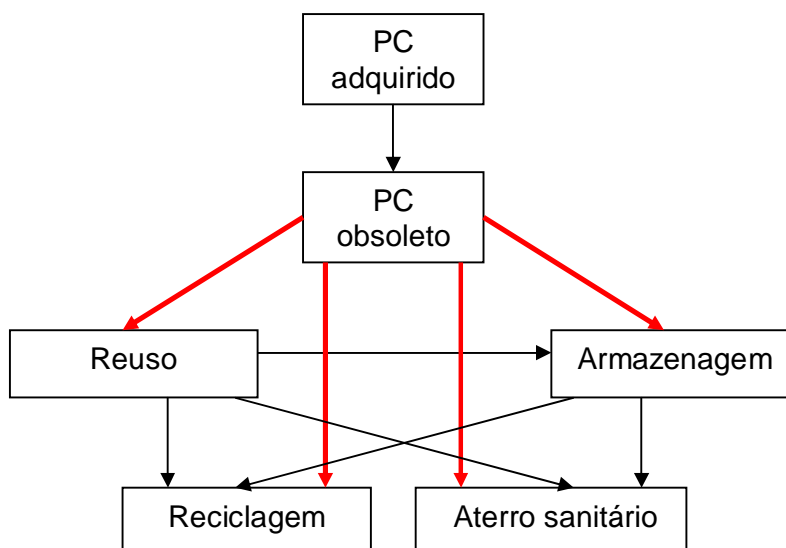


Figura 2. Alternativas para o PC obsoleto [22].

2.5 Alternativas para o Computador Obsoleto

Dentre as alternativas mostradas na Figura 2, as que efetivamente contribuem para a sustentabilidade são, reciclagem e reuso. Quando aplicadas de forma correta, tais alternativas são importantes no enfrentamento do problema crescente do lixo digital. A alternativa de descarte do PC e periféricos em aterros pode causar danos ao meio ambiente e à saúde humana. A seguir são descritas em detalhes as alternativas de reciclagem, reuso e descarte.

2.5.1 Reciclagem

Na reciclagem o computador é desmontado para obtenção de materiais tais como, ferro, alumínio, cobre e plástico e para obtenção de componentes eletrônicos inteiros para serem vendidos e reaproveitados [22]. Os processos de desmontagem e obtenção dos materiais devem ocorrer de forma a não agredir o meio ambiente.

O computador traz em sua composição metais preciosos, como ouro, prata, paládio, índio e gálio, que tornam a reciclagem economicamente atrativa [23]. O uso de material reciclado no lugar de material virgem, além de preservar recursos naturais, promove economia de energia.

As etapas básicas da reciclagem são desmontagem, atualização e refino. Na etapa de desmontagem é feita a separação dos materiais tóxicos e de valor comercial. Na etapa de atualização é usado processo mecânico para preparação do material contendo a substância desejada para o processo de refino. Na última etapa os materiais retornam a seu novo ciclo de vida [24].

2.5.2 Reuso

No reuso, o computador é colocado de volta em uso com sua configuração inalterada ou com poucas modificações, como por exemplo, acrescido de memória RAM [22].

O reuso de PCs pode acontecer de diversas formas, tais como, repasse informal do equipamento obsoleto através de doações a terceiros, venda para empresas que comprem PCs usados para revender e envio para empresas de remanufatura, onde serão recuperados e atualizados adquirindo desempenho de equipamentos novos [13].

O reuso de PCs pode trazer benefícios sociais, como permitir que pessoas menos favorecidas possam ter acesso TIC, promovendo a inclusão digital e permitindo educação à distância [23].

2.5.3 Descarte em aterros

A disposição de sucatas de PCs em aterros pode ser danosa, uma vez que os aterros podem vazar causando a infiltração no solo de produtos químicos

nocivos à saúde. A situação se agrava nos aterros velhos ou lixões, que são menos controlados e sem preparação adequada do solo para uso [25].

Existem impactos ambientais negativos associados à disposição de lixo digital em aterros sanitários, tais como, a infiltração no solo de mercúrio contido em interruptores destruídos, infiltração de cádmio e retardante de chama contidos em plásticos descartados [25].

2.6 Trabalhos Relacionados

Durante a pesquisa não foram encontrados trabalhos relacionados diretamente ao uso de sucata de equipamentos de informática para a confecção de artefatos de treinamento, no entanto, tomou-se conhecimento da existência de um trabalho muito importante na área de reciclagem de materiais, que é o Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (CEDIR) e empresas que produzem kits de treinamento para instituições de ensino e centros de treinamento.

Criado pelo Centro de Computação Eletrônica de Universidade de São Paulo (CCE_USP), o CEDIR foi inaugurado em dezembro de 2009 e contou com a parceria do Laboratório de Sustentabilidade do *Massachusetts Institute of technology* (MIT) e da Itaotec.

O CEDIR atua coletando equipamentos de informática descartados. Os que podem ser reusados são encaminhados para programas sociais, o restante é separado, categorizado e remetido para empresas de reciclagem credenciadas.

Iniciativas pioneiras como da USP, como a recente criação do CEDIR, objetivam estabelecer uma forma adequada para o descarte dos equipamentos de informática [3].

No mercado de produção de kits para treinamento foram identificadas algumas empresas:

- US Didactic inc. – *educational equipment & training system* [33] é uma empresa americana, sediada na Flórida, que produz kits de treinamento e material de laboratório para instituições de ensino e para centros de

treinamento em indústrias. Fornecem Kits para treinamento de engenheiros e técnicos. A Figura 3 mostra um exemplo de kit para treinamento de eletrônica utilizado para a demonstração dos fundamentos de funcionamento dos motores de passo.



Figura 3. Kit para demonstração de funcionamento do motor de passo [33].

- Bytronics [34] é uma empresa inglesa que produz kits de treinamento para universidades, faculdades e centros de formação. A figura 4 mostra o kit para treinamento de eletrônica digital DL7211. Nele é possível realizar experiências com portas lógicas, somador, subtrador e contador binário entre outros.

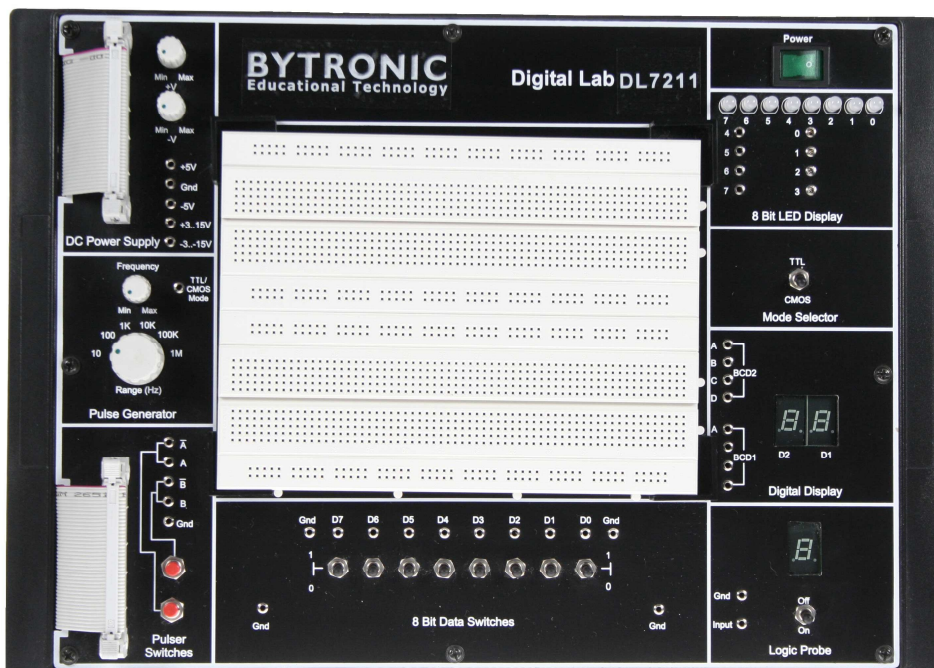


Figura 4. Kit de eletrônica digital [34].

Capítulo 3

Confecção dos Kits de treinamento

Os equipamentos de TIC quando chegam ao fim de sua vida útil, funcionando ou não, possuem componentes em bom estado de funcionamento. Dispositivos como semicondutores, capacitores, resistores, transformadores, motores, baterias, molas, parafusos e outros, presentes no lixo digital, consumiram recursos naturais em sua fabricação e alguns possuem substâncias químicas tóxicas, que podem causar danos se depositadas diretamente em aterros ou lixões.

A proposta é produzir kits de treinamento, para estudantes de engenharia e secundaristas, montados com peças de sucatas, criando uma alternativa que possa aumentar o tempo de vida útil dos componentes eletrônicos, elétricos e mecânicos oriundos do lixo digital e dar um encaminhamento ambientalmente correto aos materiais que não forem aproveitados durante o processo de montagem dos artefatos de treinamento.

Levando-se em consideração os caminhos possíveis, para o equipamento obsoleto, mostrados anteriormente na Figura 2, a produção dos kits de treinamento estabelece um fluxo ambientalmente seguro, uma vez que os resíduos deverão receber o tratamento correto. No percurso sugerido, mostrado na Figura 5, os equipamentos que ficaram obsoletos, ou estavam armazenados, irão para o reuso evitando que sejam descartados em aterros. Quando o aparelho ou os componentes que o compõem não servirem mais para o reuso, então serão encaminhados diretamente para as empresas responsáveis pela reciclagem dos resíduos.

Os artefatos de treinamento montados serão empregados nas aulas práticas dos cursos de engenharia ou de escolas secundaristas. Criando uma situação em que o aluno possa exercitar sua criatividade aplicando na prática os conceitos teóricos adquiridos em sala de aula. Além de contribuir com o aprendizado dos alunos, os kits poderão também despertar nos envolvidos o interesse pela preservação do meio ambiente.

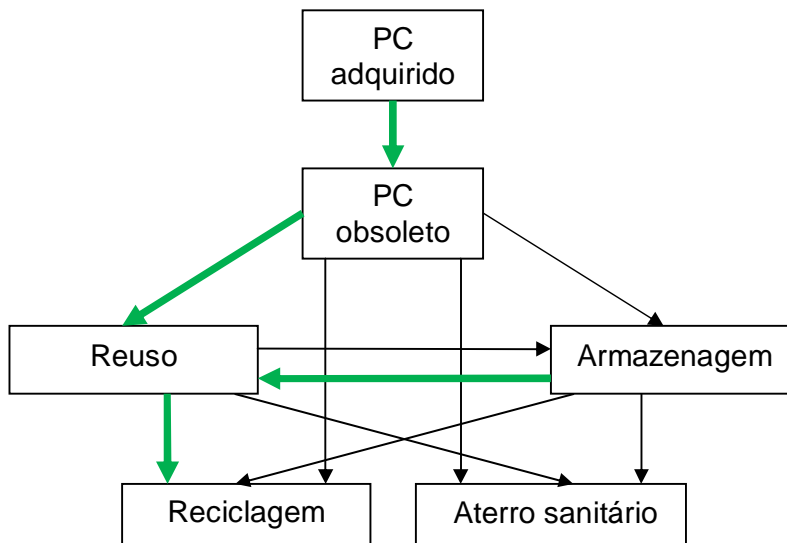


Figura 5. Fluxo estabelecido pela produção dos kits.

Os estudantes e professores poderão se envolver nas etapas do processo de confecção do dispositivo. A idéia de produção dos kits poderia estender-se além dos limites da universidade e chegar às instituições ensino secundaristas, motivando os estudantes, despertando interesses pela engenharia e despertando a consciência ambiental.

Os kits de treinamento poderão atuar como:

- Ferramenta auxiliar para elaboração de experimentos práticos embasados em abordagens teóricas vistas em sala de aula, facilitando a fixação de conceitos teóricos.
- Forma de aumentar o tempo de vida de componentes elétricos e eletrônicos, evitando que sejam descartados diretamente na natureza contaminando o meio ambiente.
- Forma de preservar os recursos naturais empregados na fabricação dos componentes reaproveitados.
- Forma de promover empregos, uma vez que poderá se utilizar de mão de obra não especializada nas etapas elementares da montagem, além de poder capacitar essa mão de obra para a indústria de eletro-eletrônicos.

Tanto o projeto dos kits quanto as suas aplicações poderão variar de acordo com a criatividade dos professores e alunos. Podendo ser utilizados para diversas abordagens, variando sua complexidade de acordo com o nível de conhecimento dos alunos. São dados a seguir exemplos de algumas das possíveis aplicações dos kits para as aulas de engenharia e escolas de segundo grau:

Aplicações para os alunos de engenharia:

- Aulas práticas de controle de processos: utilizando-se de motores e foto sensores acoplados à interface paralela do PC, é possível montar um dispositivo que simule um sistema de malha fechada para controle de velocidade de um motor.
- Aulas práticas de eletrônica digital: com transistores, resistores e diodos, pode-se montar kits para estudo de portas lógicas do tipo *Transistor-Transistor Logic* (TTL) ou *diode-transistor logic* (DTL); usando-se amplificadores operacionais e resistores é possível montar um conversor analógico digital e circuitos sequências ou combinacionais utilizando-se portas lógicas, *flip-flops* e *latches* recuperados das sucatas.
- Aulas práticas de microprocessadores: Kits montados com microcontroladores, microprocessadores e até *mother boards* completas, poderiam ser empregados em experimentos controlados por rotinas em linguagem de máquina.

Aplicações em escolas de segundo grau:

- Kits básicos montados, voltados para realização de experimentos com eletricidade básica usando resistores, capacitores e reles e interruptores.
- Um microcomputador antigo acoplado a sensores de contato ligados à porta paralela, com software adequado, poderia funcionar como medidor de tempo em experiências de mecânica nas aulas de física.

3.1 Método Proposto para Produção dos Kits

Seguindo o princípio de dividir para conquistar, o processo de produção dos kits foi dividido em etapas, facilitando sua compreensão e análise. No

transcorrer de cada etapa será necessário observar as dificuldades para facilitar os aperfeiçoamentos futuros, com o objetivo de se obter melhores resultados. Além disso, o projeto dos kits deverá seguir as seguintes premissas:

- Deverá aplicar técnicas simples e de fácil reprodução em sua montagem.
- Ser composto ao máximo de peças obtidas a partir de sucatas.
- Ser adaptável.
- Sua montagem deverá seguir os princípios de não agressão ao meio ambiente, como separar e dar destino correto aos materiais que não serão aproveitados na montagem do kit e manter controle sobre os componentes recuperados não permitindo que eles sejam descartados diretamente na natureza

Abaixo estão descritas as etapas que serão percorridas até a obtenção do kit de treinamento montado e testado.

3.1.1 Coleta de sucatas

Essa é a etapa inicial, onde serão contactados os doadores em potencial, como usuários domésticos, instituições públicas, empresas e outras que utilizem computadores em suas atividades e que, por necessidade, estão sempre renovando seu parque de máquinas, gerando lixo digital.

Dependendo do esforço realizado para se obter doações, não é difícil imaginar que haverá a necessidade de alocação de espaço adequado para armazenagem das sucatas. É importante solicitar que os doadores transportem os equipamentos usados até o centro de coleta, evitando-se assim arcar com o custo do transporte.

Os aparelhos recebidos deverão ser cadastrados levando-se em consideração atributos, como fabricante, modelo, número de série e peso e em seguida serão submetidos a testes preliminares de funcionamento. O objetivo desses testes é fazer uma seleção previa dos equipamentos, que poderão ser reutilizados, sendo submetidos a poucas modificações. Os aparelhos que

estiverem em bom estado de funcionamento ou possam ser facilmente reparados, deverão ser encaminhados para projetos sociais ou diretamente aproveitados no processo de montagem dos kits.

3.1.2 Desmontagem

Após devidamente catalogados e separados os equipamentos serão submetidos à etapa de desmontagem. Essa etapa consistirá na remoção da sua cobertura principal e desmontagem das estruturas internas para separação dos materiais recicláveis e reusáveis.

Como exemplo de materiais recicláveis a serem separados, pode-se citar:

- Plástico
- Borracha
- Ferro
- Cobre
- Alumínio

Como exemplos de materiais a serem encaminhados para reuso pode-se citar:

- Motores
- Sensores
- Transformadores
- Molas
- Parafusos
- Engrenagens
- Conectores
- Fios
- Cabos
- Correias

- Cartuchos de tinta

A placa de circuito impresso completa será separada dos outros materiais e será submetida à etapa seguinte para remoção dos componentes eletrônicos.

3.1.3 Remoção dos componentes

Nessa fase, será realizada a remoção dos componentes contidos nas placas de circuito impresso, separadas anteriormente na etapa de desmontagem. Dispositivos, como capacitores, resistores, diodos, circuitos integrados e outros, montados na placa de circuito, poderão ser dessoldados com o uso de ferro de solda e sugador de solda, respeitando-se os limites de temperatura dos semicondutores, para evitar que sejam danificados.

3.1.4 Identificação e classificação dos componentes

Nessa etapa será realizada a identificação da nomenclatura e o tipo de cada componente obtido na etapa anterior. De posse da nomenclatura, o passo seguinte será realizar buscas por informações técnicas, em *data books*, *datasheets*, catálogos e sites de fabricantes.

Um banco de dados contendo as informações obtidas deverá ser criado. Essas informações serão utilizadas na etapa de projeto do artefato. Os dispositivos podem ser classificados em elétricos ou eletrônicos, sendo os elétricos subdivididos em resistores, capacitores e indutores e os eletrônicos subdivididos em discretos e integrados. Os circuitos integrados serão subdivididos em digitais e analógicos.

3.1.5 Testes dos componentes

Os componentes devidamente reconhecidos serão submetidos a testes para garantir seu bom funcionamento.

O multímetro digital é o instrumento indicado para testes de componentes como, resistores, diodos, fusíveis e capacitores. Para outros dispositivos, tais como, portas lógicas, amplificadores operacionais, moduladores de largura de pulso e microprocessadores, será necessário o

desenvolvimento de aparelhos de testes específicos, que também poderão ser criados com material de sucata de lixo digital.

3.1.6 Elaboração do projeto do artefato

A partir dos componentes recuperados e das informações coletadas sobre as características e formas de aplicação de cada um deles, será elaborado o projeto de um kit de treinamento, que deverá ser constituído ao máximo por componentes removidos de sucatas e obedecer às premissas estabelecidas no início dessa seção.

O projeto poderá ser executado por alunos sob a supervisão de professores e abordará temas teóricos de forma a auxiliar o estudante no aprendizado dos aspectos experimentais do assunto. Criando aplicações práticas que envolvam desde conceitos básicos até sistemas mais complexos.

3.1.7 Construção do artefato

Na etapa de construção será realizada a implementação do projeto anteriormente concebido. Poderão ser produzidos diversos kits a partir do mesmo projeto. Durante a montagem poderão ser feitas adaptações ao projeto visando obter a melhor forma para aplicação dos componentes disponíveis.

3.1.8 Teste de funcionamento

Os kits prontos serão submetidos a teste para assegurar seu perfeito funcionamento. Os computadores que na etapa de coleta foram separados para reuso, poderão ser aproveitados como instrumentos de teste.

É possível, através do emprego de softwares específicos disponíveis para download na internet, transformar computadores antigos e com placa de som em instrumentos de bancada, como gerador de sinais e osciloscópio. Embora limitados à frequência de 20KHz, tais equipamentos seriam úteis para realizar testes de funcionamento dos kits e para algumas aplicações em aulas práticas de circuitos eletrônicos analógicos e digitais [26] [27].

3.1.9 Separação de resíduos

Após a etapa de montagem dos kits, os materiais que não foram aproveitados na montagem, junto com os materiais que foram separados na etapa de desmontagem, serão enviados para serem reciclados por empresas especializadas no processo de reciclagem.

A separação e o devido encaminhamento de tais resíduos para empresas especializadas em reciclagem de matérias trarão os seguintes benefícios:

- Evitar que os resíduos dos equipamentos e informática sejam descartados diretamente no meio ambiente produzindo efeitos negativos.
- Preservação dos recursos naturais não renováveis através do reaproveitamento dos materiais.
- Geração de receita com a comercialização dos resíduos de forma separada, uma vez que, a venda dos materiais em separado, para reciclagem, é mais rentável que a venda do equipamento, obsoleto ou quebrado, completo.
- Geração de postos de trabalho, uma vez que seria possível o emprego de mão de obra não especializada para realização das etapas de desmontagem e separação.

Capítulo 4

O Experimento

O experimento tem por finalidade comprovar a viabilidade de se produzir kits de treinamento com peças coletadas de sucatas de equipamentos de informática, seguindo a metodologia determinada no capítulo 3. Também servirá para coletar informações inerentes as etapas do processo de produção. A observação das dificuldades percebidas em cada etapa de montagem poderá facilitar o futuro aperfeiçoamento das técnicas necessárias para produção dos dispositivos de treinamento.

A idéia principal é a montagem de um artefato eletrônico utilizando componentes eletrônicos, elétricos e mecânicos obtidos com a desmontagem de equipamentos de informática descartados.

Para o desenvolvimento do experimento, primeiro foi necessário remover cada componente, estudar sua nomenclatura, função e características físicas, para em seguida ser determinado qual o uso adequado para cada um, além da elaboração de testes específicos para garantir o bom estado de funcionamento de cada componente eletrônico, uma vez que foram oriundos de sucatas.

Em seguida à remoção, o desafio foi, a partir das informações colhidas de cada componente obtido, montar um artefato que servisse aos propósitos do projeto, como kit de treinamento, e que obedecessem às premissas e seguisse as etapas estabelecidas para a produção dos kits na seção 3.

Para execução utilizou-se ferramentas comuns de bancada, como multímetro, ferro de solda de 60w e 30w, sugador de solda, solda, alicate de bico e de corte, chaves de fenda e *philips*, e suporte para placas de circuito impresso.

4.1 Coleta dos Equipamentos Descartados

Nesta etapa foram coletados os equipamentos doados por colegas e por uma empresa de manutenção de computadores. Foi feita uma triagem

acompanhada de uma avaliação preliminar sobre o estado de funcionamento dos aparelhos. A avaliação consistiu em conectar todos os cabos necessários ao funcionamento e observar se o equipamento apenas ligava ou não. Tal teste foi procedido após uma checagem visual para saber se o equipamento estava completo com todos os seus componentes presentes.

Alguns itens, que foram recebidos, eram apenas placas de circuito, ainda com componentes, de monitor e impressora. Na Tabela 5 está a relação de itens coletados e o resultado de sua avaliação preliminar. É importante relatar que, embora na tabela alguns itens tenham ligado, nenhum funcionou perfeitamente. Observou-se que não foi difícil obter doações, entretanto houve dificuldade em encontrar espaço para armazenamento dos equipamentos coletados.

Tabela 5. Equipamentos coletados

Qde	Descrição	Estado
01	Micro AMD duron; 1,6GHz; 128MB; 20GB;floppy	Liga
01	Micro Pent.III; 450GHz; 64MB; 10GB;floppy	Liga
01	Micro tx486dlc; 4MB; 0GB; floppy	Liga
01	Pent. III; 500mhz; 64MB; 20GB; floppy; Cdrom 36x	Não liga
01	Micro AMD duron 1,3GHZ; 256MB; 40GB;Floppy; Cdrom 36x	Não liga
05	No-break Microsol stay 600	Não liga
01	Nobreak SMS Mnager II 600	Não liga
01	Impressora jato de tinta HP 692c	Liga
01	Impressora jato de tinta HP 600	Não liga
01	Impresora jato de tinta Epson SC C20UX	Liga
01	Monitor Samsung SM551v	Liga
01	Impressora matricial Epson Fx870	Não liga
01	Placa de monitor de vídeo	Não testada
03	Placa de impressora matricial Lx810	Não testada
02	Placa de impressora matricial Fx870	Não testada
03	Teclados mini dim	Liga
01	Teclado os2	Liga
01	Mouse serial	Liga
03	Fonte de alimentação de micro at	Não liga
02	Fonte de alimentação de micro atx	Não liga
01	Mouse os2	Liga

4.2 Escolha das Amostras

Foi necessário estabelecer um critério para escolha das amostras a serem submetidas à análise, tendo em vista a quantidade de itens e o tempo necessário para desmontar e executar todas as etapas em todos os equipamentos. Foi imperativo escolher apenas alguns equipamentos, dentre todos coletados, para executar-se a pesquisa.

Para iniciar o experimento escolheu-se o item de maior quantidade, no caso o *no-break stay* 600 fabricado pela Microsol, mostrado na Figura 6, uma vez que o resultado da análise da uma amostra poderia ser replicado para os itens semelhantes. Com base na primeira amostra, foram observados o tempo necessário para desmontagem e as dificuldades inerentes ao processo.

A segunda amostra escolhida foi a impressora SC C20UX fabricada pela Epson, mostrada na Figura 7, que aparentemente apresentava ser apenas montada por encaixe e usando poucos parafusos, o que demandaria menos tempo em seu desmonte. A terceira escolha foi a impressora matricial Epson Fx870 mostrada na Figura 8. Sabia-se que o equipamento escolhido possuía motores de passo para movimento de carro e avanço do papel. Motores em geral encontram muitas aplicações no treinamento de engenheiros.

Dos microcomputadores recebidos, o Pentium III 450MHz funcionou bem, após a troca do pente de memória, seu sistema operacional era versão 98. O AMD *durom* 1,6 GHz necessitava de reparo na placa mãe para funcionar, tal placa apesar de ligar, apresentava alguns capacitores estourados.



Figura 6. *No-brak stay* 600.



Figura 7. Impressora SCU20X.



Figura 8. Impressora fx870.

4.3 Desmontagem dos Equipamentos

A principal dificuldade na etapa de desmontagem foi a ausência de documentação técnica específica, que pudesse orientar o processo, tornando-o mais eficiente. Perdeu-se tempo em procurar a melhor forma de desmontar o equipamento sem avariar as partes importantes a serem usadas no kit.

Nas Figuras 9, 10 e 11, tem-se as imagens das amostras desmontadas. Nessa etapa foram desmontadas as partes mecânicas, como tampas, suportes e eixos, e as partes elétricas como cabos, fios e interruptores. As placas de circuito impresso foram separadas inteiras para serem processadas na etapa

de remoção de componente. A Tabela 6 mostra o tempo necessário para desmontar cada amostra. O desmonte da impressora fx 870 durou 65 minutos, mais tempo que as demais amostras, tendo em vista a quantidade de peças mecânicas a serem desmontadas.

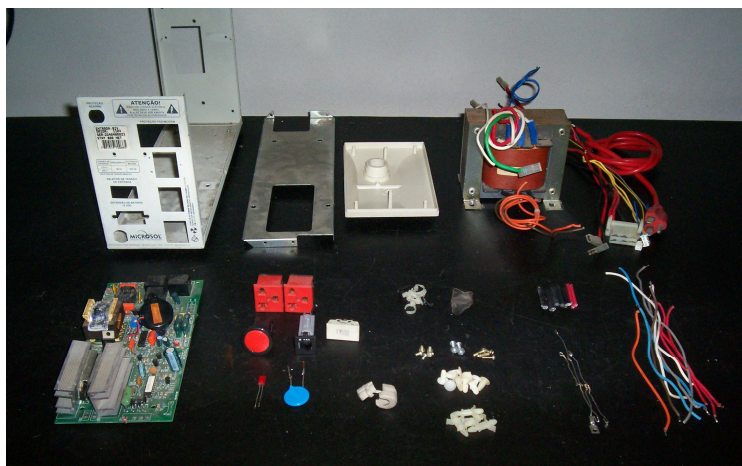


Figura 9. No-break *stay* 600 desmontado



Figura 10. Impressora SC C20UX desmontada



Figura 11. Impressora FX 870 desmontada

Tabela 6. Tempo aproximado de desmontagem.

Equipamento	Tempo de desmontagem
<i>Nobreak stay</i> 600	36 minutos
Impressora jato de tinta C20UX	48 minutos
Impressora matricial FX870	65 minutos

4.4 Remoção dos Componentes

Nesta fase optou-se por iniciar o processo utilizando a placa de circuito removida do *no-break stay* 600. A Figura 12 mostra a placa do *no-break* antes do processo. Foram removidos todos os componentes eletrônicos da placa, como transistores, circuitos integrados, e todos os componentes elétricos, como relés, fusíveis e chaves.

A tarefa de remoção foi realizada empregando-se a técnica simples de aquecer a solda do circuito com ferro de solda, até torná-la liquefeita, para então aspirá-la com o sugador de soldada. Foi utilizado ferro de solda de 30 W na dessoldagem dos semicondutores, tais como transistores e circuitos integrados. Para a remoção dos demais itens empregou-se o ferro de solda de 60 W. Os componentes obtidos da sucata do *no-break* foram separados nos

seguintes grupos, semicondutores, resistores, capacitores e diversos, mostrados nas Tabelas 6, 7, 8 e 9. No caso dos semicondutores foi pesquisado pelo menos umas das diversas aplicações possíveis para cada item.

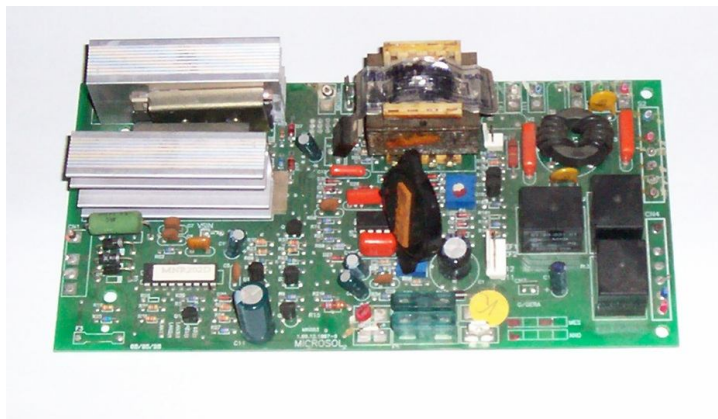


Figura 12. Placa de circuito do *no-break stay 600*.

Tabela 7. Semicondutores removidos da placa do no-break.

Item	Descrição	Aplicação	Qdade
C639116	Transistor	Amplificador de sinal	05
BC547B	Ttransistor	Amplificador de sinal	02
IRF 1104	Transistor FET	Chaveamento	02
IRF 630 ^a	Transistor FET	Chaveamento	01
PIC 16c711	Circuito integrado	Microcontrolador	01
TL 780-05c	Circuito integrado	Regulador de 5V	01
KA339	Circuito integrado	Amplificador operacional	01
LM 317T	Circuito Integrado	Regulador de tensão	01
1N4148	Diodo	Retificador de sinal	10
BAV21	Diodo Zener	Regulador de tensão	04
1N4007	Diodo	Retificador de sinal	04
1N4742A	Diodo	Retificador de sinal	02
RL307dc	Diodo	Retificador de sinal	02
1N53A038	Diodo	Retificador de sinal	02
MV57123-17	Diodo LED	Diodo emissor de luz	01

Tabela 8. Resistores removidos da placa do no-break.

Item	Valor (ohm)	Qdade
Resistor 1/8 W	5,6 k	01
Resistor 1/8 W	47	01
Resistor 1/8 W	1K	05
Resistor 1/8 W	100	02
Resistor 1/8 W	100k	11
Resistor 1/8 W	800	01
Resistor 1/8 W	4,7K	03
Resistor 1/8 W	100k	06
Resistor 1/8 W	2,2k	13
Resistor 1/8 W	33	08
Resistor 1/8 W	10k	02
Resistor fio 5 W	0,47	01
Resistor 1/8 W	1K	01
Resistor 1/8 W	1,2K	01
Resistor 1/8 W	68k	01
Resistor 1/4 W	69	01
Resistor 1/8 W	1,7K	01
Resistor 1/8 W	8,2K	01
Resistor 1/2 W	1k	01
Resistor 1/8 W	470	01
Resistor 1/8 W	1,5K	01

Tabela 9. Capacitores removidos da placa do *no-break*.

Item	Valor (Farad / Volt)	Qdade
Capacitor eletrolítico	22 micro/50	01
Capacitor eletrolítico	1 micro /100	02
Capacitor eletrolítico	10 micro/50	02
Capacitor eletrolítico	470 micro/25	01
Capacitor eletrolítico	1000 micro/16	01
Capacitor de disco cerâmico ZHZ 104	100 nano	03
Capacitor de disco cerâmico AQJ 220	22 pico	02
Capacitor de disco cerâmico NSK 153	1,5 nano	02

Tabela 10. Componentes diversos removidos da placa do stay 600.

Item	Descrição	Função	Qdade
Circuit breaker	Snap-in circuit breaker	Proteger o circuito contra sobre corrente	01
AS S431kd20	Varistor	Proteção o circuito contra sobretensão	01
Buzzer	Buzzer piezzo elétrico sem oscilador interno	Gera tensão elétrica quando pressionado; Movimenta as placas internas quando recebe tensão elétrica	01
ZTA 7.15MT	Ressonador cerâmico	Substitui o cristal oscilador	01
Trimpot	Potenciômetro de 100k	Variar o valor da resistência elétrica	02
Relé	Rele de um pólo e duas posições de 12V/400ohm	junta os contatos internos quando recebe corrente na sua bobina	02
Relé	Relé de um pólo e duas posições de 6V/100ohm	Aproxima os contatos internos quando recebe corrente na sua bobina	01
Chave L/D	Chave que fecha o circuito quando pressionada	Quando acionada fecha os contatos	01
Chave HH	Chave comutadora HH com dois pólos e duas posições por pólo	Quando acionada permite ligar ou desligar dois circuitos independentes	01
Tomada fêmea	Tomada fêmea com fase neutro e terra	Permite a conexão com caos de alimentação de 220v/110v	03
Dissipador	Dissipador de calor	Serve para facilitar a dissipação de calor do transistor	
Trafo pequeno	Transformador pequeno	Circuito da fonte de alimentação do no-break	01
Trafo grande	Transformador grande	Circuito inversor do no-break	01

Por questão de prazo, foi decidido passar a etapa seguinte sem submeter as amostras 2 e 3 ao processo de remoção total de componentes.

4.5 Identificação dos Componentes

Aqui teve início o processo de identificação da nomenclatura de cada dispositivo, elétrico ou eletrônico, removido do no-break, o levantamento de informações a respeito da funcionalidade, bem como a coleta de dados técnicos fornecidos por fabricantes. A fonte de coletas de informações foi a internet. Procurou-se por sites de fabricantes, fornecedores e páginas específicas de *datasheets*, que são documentos com as informações técnicas e as características de trabalho do componente..

Os itens a serem identificados variavam de funcionalidade, tamanho, forma, fabricante, unidade de medida, tipo de codificação nomenclatura. Tais atributos tão variados dificultaram o levantamento das características, uma vez que se necessitou colher informações para se entender melhor a funcionalidade de cada peça.

No primeiro passo da etapa foi observado o que estava escrito no corpo do componente, em sua maioria códigos formados por letras e números. Em seguida foi feita busca na internet, fazendo uso de um site de busca, e através da leitura dos resultados encontrados se estabeleceu uma coleção de dados com *datasheets*, imagens e circuitos com exemplos de aplicações de cada dispositivo pesquisado.

Notou-se que as informações não são tão simples de se obter, levando até mais de que duas horas para serem encontradas, como foi o caso do item “*buzzer* sem oscilador interno”, mostrado na figura 13, esse dispositivo baseado num piezzo-elétrico é capaz de vibrar, emitindo som, quando recebe em sua entrada um sinal variante no tempo. Tal componente não apresentava nenhum código escrito em seu corpo de modo a facilitar sua identificação. Para resolver tal problema procurou-se saber qual a função exercida pelo dispositivo no circuito do *no-break*, que era de alarme sonoro, e procurou-se, na internet, pelas palavras “alarme sonoro” e “*beep*”, e pelas imagens obtidas de catálogos chegou-se ao fabricante e posteriormente até a descrição consistente do dispositivo.

Como forma de comprovação de funcionamento, os terminais do *buzzer* foram conectados ao multímetro, submeteu-se o componente a uma pressão

em sua superfície com a chave de fenda e constatou-se a geração de uma tensão elétrica de curta duração. Dentre outras aplicações o *buzzer* pode ser empregado como sensor de toque.

Algumas peças não tiveram suas características elétricas identificadas, como foi o caso, dos motores de passo recuperados das impressoras e dos dois transformadores removidos do *no-break*, acredita-se que esses últimos tenham sido fabricados especificamente para atender as necessidades do projeto do dispositivo. No entanto, observando a posição que os transformadores ocupavam no circuito elétrico do *no-break*, deduz-se que o transformador maior operava no circuito inversor elevando a tensão de cerca de 20vac para 110vac, enquanto que o menor trabalhava no circuito de alimentação do circuito retificador da placa, abaixando a tensão de 110/220vac para uma determinada tensão de no Máximo 16vac, esse último valor foi deduzido levando-se em consideração o valor de tensão máxima do capacitor do circuito retificador ao qual estava ligado a saída do trafo.

No caso da necessidade de aplicação dos transformadores em projetos, as características de operação, como capacidade de corrente e relação de espiras, poderiam ser obtidas através de experimentos.



Figura 13. *Buzzer*

4.6 Teste dos Componentes

Dada a diversidade de peças, não foi possível testar todos os componentes, no entanto, nessa etapa o multímetro digital MD-6130, que executou as funções

de Ohmímetro, Capacímetro, Voltímetro, Amperímetro, testador de diodo e transistores, foi importante para testes de resistores, transistores, diodos, capacitores de pequeno valor, sensores e interruptores.

4.7 Projetando o Kit

Levando em consideração os componentes obtidos e os equipamentos disponíveis, foi idealizado um artefato que pudesse fazer uso de alguns dos componentes recuperados e que pudesse ser conectado a um PC.

O kit a ser montado deveria fazer uso da interface paralela do microcomputador para acionar dispositivos como, motores, relés, LEDs e ser capaz de receber informações pelos pinos de entrada da porta paralela de PCs. Um software, implementado na linguagem C, permitiria o controle sobre os estados lógicos de cada bit da porta paralela. Tal software também pode ser elemento de treinamento.

O dispositivo a ser acionado seria um dos motores de passo obtidos, e o seu circuito drive de acionamento poderia ser montado com os transistores, diodos e resistores obtidos do no-break. O esquema do kit básico é mostrado na Figura 14.

Foi levada em consideração a possibilidade de aplicação do micro controlador 16c711 no projeto do kit, no entanto, informações contidas no *datasheet* informavam que o circuito integrado só podia ser gravado uma única vez, portanto não havia como reutilizá-lo.

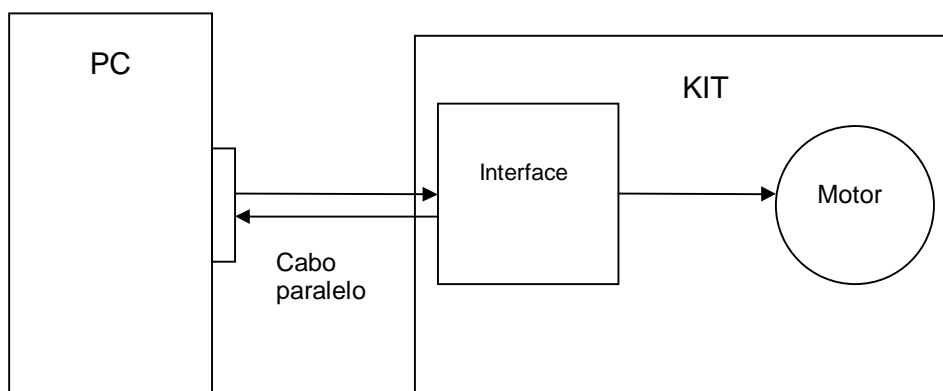


Figura14. Projeto básico do Kit.

4.8 Construção do Kit

Nessa etapa procurou-se, no material que se tinha em mãos, inclusive nas placas que vieram já desmontadas, pelos componentes que melhor se adequariam à implementação do projeto básico do kit. Por simplicidade, para a fixação dos componentes eletrônicos foi utilizado um *protoboard*.

Foi feita uma pesquisa sobre as características de operação da porta de interface paralela do computador [28] [29] [30]. Tal porta servia, nos microcomputadores antigos, para comunicação com impressoras, scanners e câmeras. Atualmente está caindo em desuso e sendo substituída pela interface USB. As informações mais relevantes para o projeto foram organizadas da forma mostrada na Figura 15 e Tabela 11. A Tabela 12 mostra os endereços dos registros da porta LPT1 escolhida.

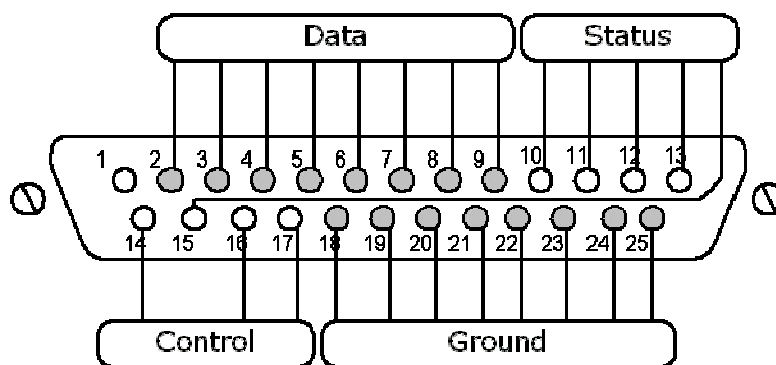


Figura 15. Pin-out da porta paralela [site].

Tabela 11. Função de cada pino da porta paralela.

Pin No D-Type 25	Signal Name	Direction In/out	Register
1	nStrobe	In/Out	Control1
2	Data 0	Out	Data1
3	Data 1	Out	Data2
4	Data 2	Out	Data3
5	Data 3	Out	Data4
6	Data 4	Out	Data5
7	Data 5	Out	Data6
8	Data 6	Out	Data7
9	Data 7	Out	Data8
10	nAck	In	Status1
11	Busy	In	Status2
12	Paper-Out / Paper-End	In	Status3
13	Select	In	Status4
14	nAuto-Linefeed	In/Out	Control2
15	nError / nFault	In	Status4
16	nInitialize	In/Out	Control1
17	nSelect-Printer / nSelect-In	In/Out	Control2
18 - 25	Ground	Gnd	

Tabela 12. Endereço de registros da porta LPT1.

Nome do registro	Endereço LPT1	Descrição
Registro de dados	378h	Envia um byte para o dispositivo
Registro de status	379h	Lê os bits de status
Registro de controle	37Ah	Envia dados de controle

A tarefa seguinte foi adaptar um cabo tradicional de impressora paralela para interligar a porta paralela do micro ao kit. Foi necessário fazer levantamento da função atribuída a cada pino do conector da interface paralela.

O cabo foi cortado na extremidade e foi elaborada uma tabela com o relacionamento entre as cores dos fios, internos do cabo, e o pino

correspondente da interface. A Tabela 13 mostra a correspondência entre as cores do cabo e função de cada pino.

Tabela 13. Configuração do cabo de comunicação do kit.

Pino	Função	Cor
01	Strobe	Preto
02	D0	Marron
03	D1	Vermelho
04	D2	Laranja
05	D3	Amarelo
06	D4	Verde
07	D5	Azul
08	D6	Violeta
09	D7	Cinza
10	Ack	Branco
11	Busy	Rosa
12	Paper-end	Verde claro
13	Select	Preto e branco
14	Auto-linefeed	Marrom e branco
15	Error	Vermelho e branco
16	Initialize	Laranja e branco
17	Select	Verde e branco
18-25	Ground	Azul e branco

Foi montada uma matriz de LEDs com peças removidas da placa sucata de monitor de vídeo. Tal conjunto de LEDs permitiu o monitoramento do estado de cada bit de saída da porta paralela, facilitando assim o teste de funcionamento do o programa.

A estrutura elementar do código consistiu na aplicação de funções próprias da linguagem de programação C:

- `_outp` (endereço, valor), função que recebe como atributos o endereço do registro e o valor a ser escrito e armazena tal valor no endereço dado.
- `_inp` (endereço), função que retorna o conteúdo do endereço do registro recebido como atributo.

A próxima tarefa foi montar um circuito drive, para acionamento de motor de passo, que pudesse ser usado com um dos motores recuperados das sucatas. Foi necessário fazer um procura por informações sobre tipos de

motores de passo e suas formas de funcionamento [31] e constatou-se que se tinha em mãos dois tipos de motores de passo.

O primeiro tipo de motor, chamado bipolar, ou de duas fases, de ímã permanente, apresentava as bobinas dispostas segundo a configuração mostrada na Figura 16.

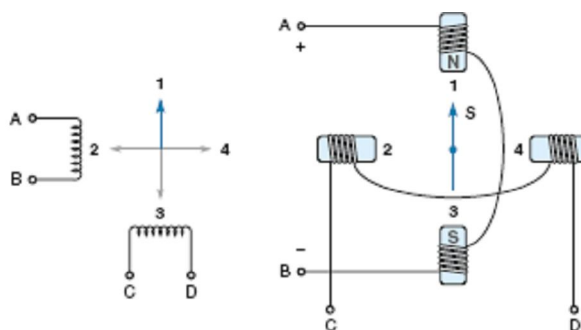


Figura16. Diagrama do motor de passo bipolar [31].

A forma de acionamento do motor de passo bipolar, se dá através da alimentação dos terminais das bobinas, terminais AB e CD, de acordo com a Figura 17. Foi notado que, nesse tipo de motor, é necessário que a polaridade da alimentação dos terminais se inverta a cada acionamento para permitir o giro do motor.

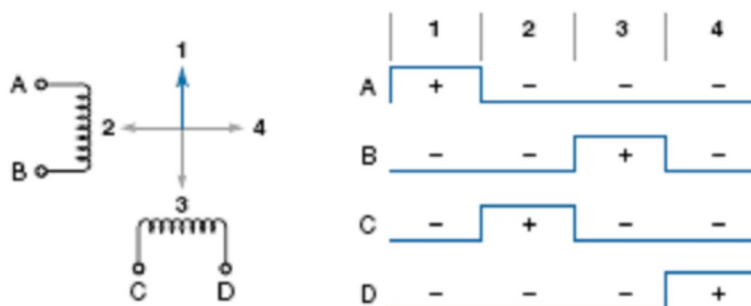


Figura 17. Acionamento do motor bipolar [31].

O circuito drive do motor tem a função de fornecer a corrente elétrica necessária para as bobinas, do motor, de acordo com os níveis lógicos dos sinais nas entradas. No caso do motor bipolar o circuito de acionamento tem que implementar a alternância da polaridade da tensão elétrica nos terminais das bobinas. A Figura 18 mostra o exemplo de um esquema de um circuito drive para motor de duas fases.

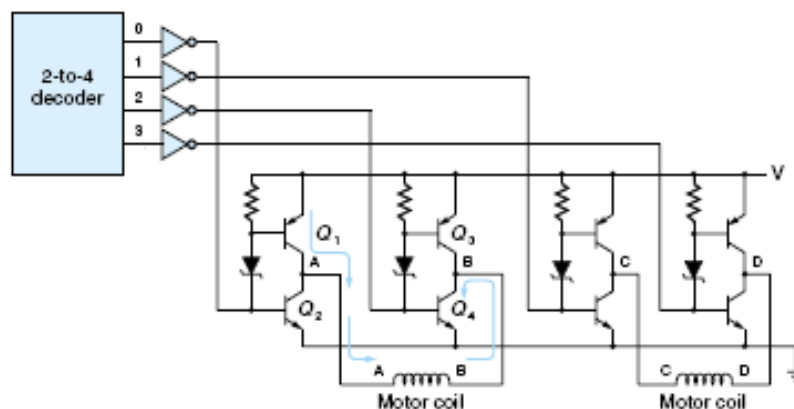


Figura 18. Circuito drive motor bipolar[31].

O segundo tipo de motor de passo era do tipo ímã permanente de quatro fases ou quadripolar. A forma em que as bobinas estão dispostas é mostrada na Figura 19.

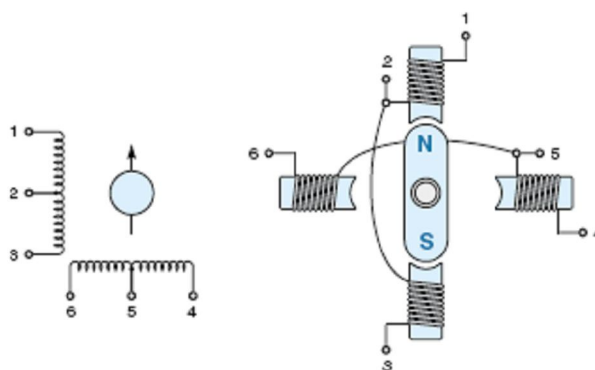


Figura 19. Diagrama do motor de passo quadripolar.

A forma de acionamento do motor quadripolar acontece de forma mais simples, levando-se em consideração que não acontece inversão de tensão, na entrada das bobinas, em seu acionamento como mostra a Figura 20.

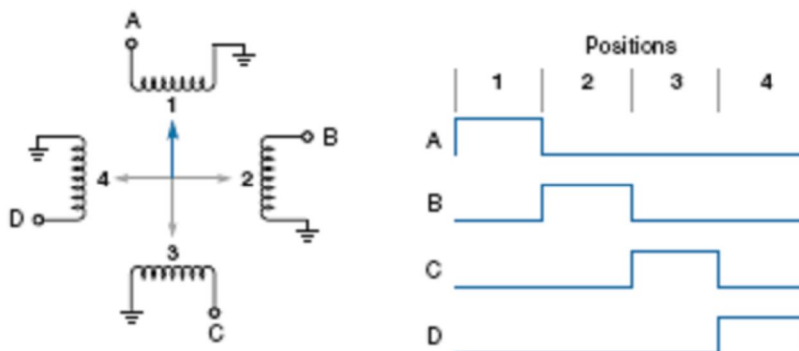


Figura 20. Acionamento do motor de passo quadripolar.

O circuito drive de acionamento do motor de passo de quatro fases é mais simples que o do motor de duas fases, uma vez que esse quadripolar não precisa da inversão da tensão na entrada das bobinas. Na Figura 21 é mostrado um exemplo de circuito drive de acionamento de motor de passo quadripolar.

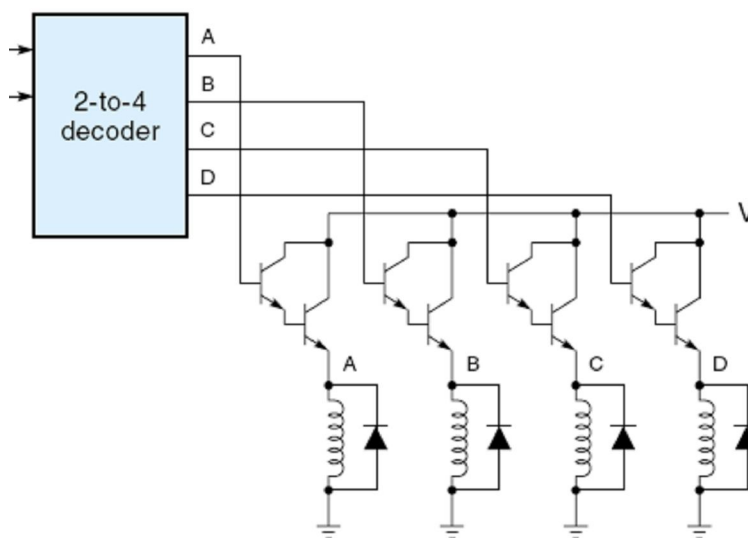


Figura 21. Circuito drive do motor quadripolar [31].

Levando-se em conta o modo mais simples de implementação do circuito drive de acionamento, optou-se pelo motor de passo quadripolar removido da impressora *fx870*, tal motor era responsável pelo avanço do papel na impressa.

Observando-se o circuito de acionamento do motor da impressora *fx870*, descobriu-se o circuito integrado, que estava ligado diretamente ao motor. Foi realizado então o levantamento das características de funcionamento do componente responsável pelo fornecimento de corrente elétrica aos motores, o circuito integrado STA475A.

Foi adquirida a informação de que o STA475A é formado por uma array de transistores NPN na configuração *darlington* e atua como circuito drive de motores de passo. Na Figura 22 é mostrado o componente e na Figura 23 é mostrado o diagrama interno do componente. Os pinos 2, 4, 6 e 8 devem ser conectados aos sinais digitais de entrada, os pinos 3, 5, 7 e 8 aos terminais das bobinas do motor de passo quadripolar e os pinos 1 e 10 ao terra. O pino número 1 do chip é o primeiro do lado esquerdo, identificado pelo chanfro no lado esquerdo do componente.



Figura22. CI STA475A.

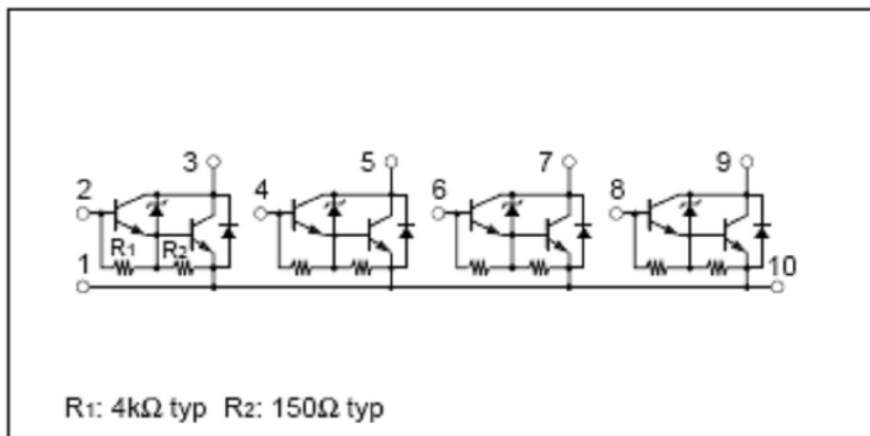


Figura 23. Esquema interno do CI STA475A.

As peças escolhidas par a montagem do kit foram, o circuito integrado STA475A e motor de passo removido da impressora *fx870*, mostrado na Figura 24, já com os terminais devidamente adaptado para encaixar-se no *proto-board*, a adaptação foi feita usando-se um conector da placa da impressora *fx 870*. O cabo de alimentação do kit foi montado a partir dos cabos e conectores de uma sucata de fonte de micro, o cabo foi feito para conectar-se diretamente à fonte do micro de teste e ser acoplado às tensões de 5V e 12 V. O Kit montado e pronto para a etapa de teste é visto na Figura 25.



Figura 24. Motor de passo obtido da impressora *fx870*.

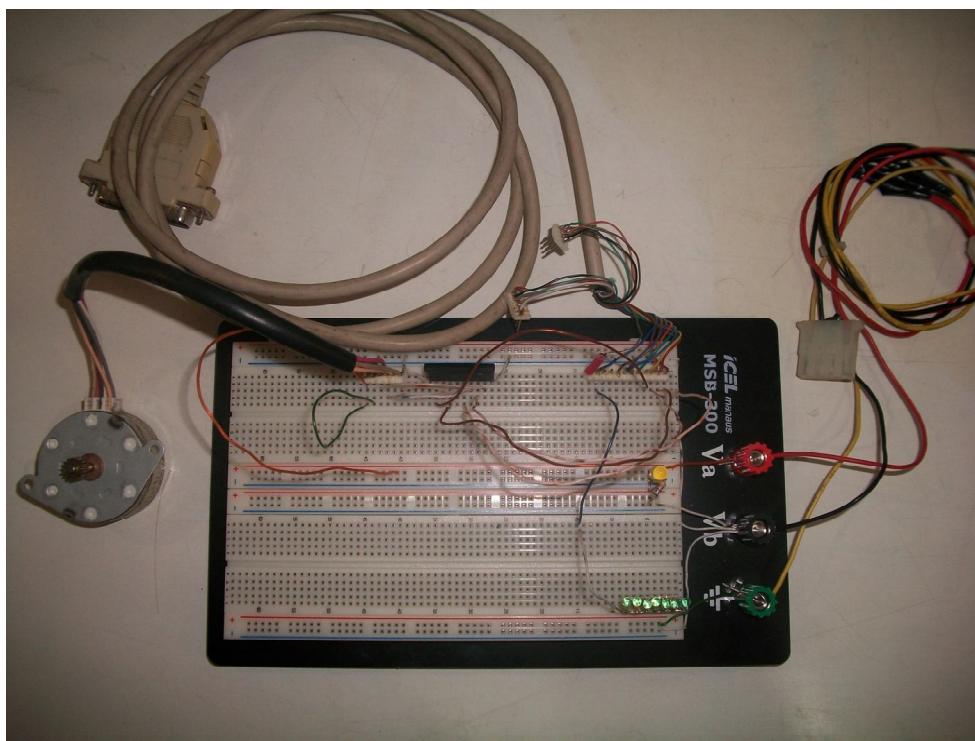


Figura 25. Kit básico montado.

4.9 Teste do Kit

O Cabo paralelo do kit foi acoplado à porta paralela do microcomputador e o cabo de alimentação foi conectado à fonte de alimentação do computador. Em seguida foi executada a rotina implementada na linguagem C padrão. A função do algoritmo era fazer o giro do motor mudar de sentido de acordo a tecla pressionada, quando a tecla 'e' fosse pressionada o motor deveria girar no sentido anti-horário, com tecla 'd', o giro seria no sentido horário.

Inicialmente o motor não girou adequadamente, apenas girava poucos ângulos e travava. O problema estava na conexão entre o motor e o circuito drive STA475A, não se sabia qual a forma correta de acoplar os fios do motor de forma a respeitar a sequência de acionamento das bobinas do motor. Como não havia informações técnicas disponíveis, o problema foi resolvido alterando as posições dos fios de conexão do motor até encontrar o arranjo correto para a conexão,

Após a resolução do problema com as posições de ligação das bobinas do motor, o Kit funcionou perfeitamente.

4.10 Separação de Materiais Recicláveis

Foi observado que é possível fazer a separação de materiais recicláveis como, ferro, aço, plástico, cobre, e cartuchos de impressão, durante a etapa de desmontagem dos equipamentos descartados. No entanto, notou-se a necessidade de elaboração de um cadastro de empresas especializadas em reciclagem de acordo com o tipo de material a ser reciclado.

4.11 Análise de Resultados

Como resultado final do experimento, foi produzido um Kit básico, que tem as vantagens de ser desmontável, comunicar-se com o computador enviando e recebendo dados, poder assumir outras configurações com o acréscimo de outros componentes recuperados de sucatas e de ser de simples montagem. Durante o teste o Kit funcionou de forma esperada.

O teste realizado, em que o computador conectado ao Kit, executando uma rotina em C, controla o sentido do giro de um motor de passo é apenas uma das possibilidades do artefato. Para estender-se as configurações do Kit pode-se, a princípio, acoplar qualquer componente elétrico ou eletrônico que opere com 5volts ou 12volts e que não exceda a capacidade de corrente da fonte e a capacidade de fornecimento de corrente na saída da porta paralela do computador.

Analisando as etapas pode-se salientar os seguintes pontos:

- Não foi necessário comprar nenhum componente para a realização do experimento.
- As etapas de remoção, identificação, projeto, montagem e teste do kit, envolvem aprendizagem e absorção de conhecimento e podem ser utilizadas como etapas de aprendizagem por alunos.

- A etapa de remoção de componentes necessita de uma técnica mais eficiente. A técnica utilizada é lenta e pode danificar o componente por super aquecimento.
- O projeto do kit poderia ser desenvolvido utilizando o amplificador operacional CI KA339, implementando funções matemáticas de soma, subtração, integração e diferenciação de sinais analógicos.

O kit desenvolvido permite a conexão com o microcomputador disponibilizando 12 bits de saída de dados e cinco bits de entrada de dados através da porta paralela, podendo ser usado para acionar dispositivos, como motores, relés e displays e para receber informações através de dispositivos, como foto acopladores, chaves e sensores.

Levando-se em consideração apenas os componentes recuperados de sucatas até este ponto, é possível vislumbrar algumas possibilidades de uso do artefato como, por exemplo, nas aulas da disciplina de controle de processos simulando o controle de sistemas de malha fechada. Na cadeira de circuitos digitais o Kit poderia ser empregado, desde o estudo de portas lógicas implementadas com transistores, até a montagem de um circuito conversor analógico digital.

Capítulo 5

Conclusão e trabalhos Futuros

Como resultado principal, o experimento prova que é possível criar e montar um artefato eletrônico, com fins educacionais, montados com peças removidas de equipamentos de informática descartados.

Pode-se salientar duas importantes contribuições à preservação do meio ambiente, advindas da montagem do kit, a primeira diz respeito ao aumento do tempo de vida dos equipamentos e componentes elétricos e eletrônicos recuperados e empregados na confecção do Kit, considerando que a redução do tempo de vida contribui para o decréscimo da quantidade anual de resíduos gerados. A segunda contribuição se refere à separação de materiais recicláveis obtidos durante a etapa de desmontagens, permitindo o correto encaminhamento dos resíduos obtidos no processo.

Sob a perspectiva educacional, o kit pode contribuir com o aprendizado prático, tanto pelo emprego de conceitos teóricos na prática, como na aquisição de conhecimento dos princípios e características de funcionamento dos diversos componentes elétricos e eletrônicos.

Observou-se que durante a etapa de desmontagem é possível o emprego de mão de obra não especializada, considerando a tarefa ser repetitiva e não exigir formação técnica, além disso, o processo é simples e fácil de ser reproduzido.

Uma das maiores dificuldades está no processo de identificação dos componentes, leva-se muito tempo pesquisando informações na internet, nem sempre a nomenclatura do componente é visível e nem sempre a informação do dispositivo está disponível na web. Uma solução seria obter dos fabricantes as informações técnicas dos componentes contidos nos equipamentos. Em contrapartida essa é uma forma proveitosa de aprendizado, uma vez que os alunos ampliarão seus conhecimentos a respeito dos mais variados tipos de componentes eletrônicos.

Outra dificuldade diz respeito a necessidade de criar instrumentos de testes para a confirmação do bom estado de funcionamento dos componentes removidos, considerando-se as variedades de tipos de dispositivos removidos das sucatas. E para facilitar o desenvolvimento de projetos, com peças obtidas de equipamentos descartados, é primordial gerar uma coleção de dados com informações a respeito dos itens removidos e compartilhá-los pra evitar retrabalho.

5.1 Contribuições

A produção e utilização dos kits de treinamento poderão gerar benefícios como:

- contribuir com o aprendizado quando aplicados como ferramentas auxiliares para aprendizado prático.
- Permitir aos estudantes de engenharia e secundaristas, exercitar a criatividade participando da elaboração dos projetos de criação dos kits.
- Permitir aos estudantes ampliar o conhecimento sobre tipos, nomenclaturas e formas de aplicação dos diversos componentes eletrônicos e elétricos.
- Permitir aos estudantes uma melhor compreensão das técnicas de funcionamento de aparelhos como impressoras, *scanners*, *no-breaks*, estabilizadores, microcomputadores e outros.
- Fornecer aos professores meios para demonstrar, através de experimentos, conceitos apenas vistos na teoria.
- Despertar a consciência ambiental dos alunos envolvidos.
- Redução da quantidade de lixo digital que seria destinado a aterros sanitários ou lixões.
- Possibilitar a geração de recursos com a venda dos materiais recicláveis.
- Possibilidade de geração de postos de trabalho, para mão de obra não especializada, na etapa de desmontagem dos aparelhos.

- Promover o aumento no tempo de vida útil dos componentes e equipamentos gerando benefícios ao meio ambiente.
- Permitir o correto encaminhamento dos materiais para as empresas de reciclagem.
- Prover uma alternativa ambientalmente correta para as instituições e pessoas que desejam se desfazer do lixo digital.

5.2 Discussão

Durante a confecção do kit constatou-se que a alocação de espaço adequado para armazenar os equipamentos coletados e os resíduos a serem encaminhados para reciclagem mostrou-se crucial. A grande quantidade de equipamentos, a sua variedade e a presença de substâncias tóxicas, como nas baterias, requer grande quantidade de espaço para o correto armazenamento.

O kit confeccionado na seção 4 permite a conexão com um microcomputador através da sua porta paralela. Ele pode ser utilizado para a simulação de ações de posicionamento de precisão, controle de direção entre outros. O kit tem as possibilidades de uso nas disciplinas de controle de processos, eletrônica analógica e digital entre outras.

Com os componentes coletados em apenas três equipamentos poderiam ser confeccionados: detectores de passagem, sensores de presença, controladores de velocidade de motores, sensores de luminosidade, controladores de luminosidade, interfaces de potência, circuitos digitais diversos entre tantos outros.

A separação de materiais recicláveis após as etapas de desmontagem e remoção permite o devido encaminhamento de tais resíduos para empresas especializadas em reciclagem de materiais trazendo benefícios ao meio ambiente e à saúde humana.

Os kits de treinamentos foram pensados para serem recursos didáticos contribuindo para a melhoria da qualidade do ensino e para uma aprendizagem efetiva, auxiliando os alunos na construção e compreensão dos conceitos.

5.3 Trabalhos Futuros

Embora o objetivo da pesquisa tenha sido alcançado, muita coisa pode ser feita para melhorar e ampliar o projeto dos kits de treinamento, como:

- Aperfeiçoar o processo de desmontagem tornando-o mais eficiente usando técnicas mais aprimoradas, como pistola de ar quente, o que permitiria inclusive dessoldar componentes de montagem de superfície (SMD).
- Criação de uma base de dados dos componentes removidos das sucatas, contendo, além das informações técnicas, as informações referentes à composição química de cada item e seus efeitos nocivos caso sejam descartados direto na natureza.
- Consultar fabricantes de equipamentos sobre a possibilidade de fornecerem informações que facilitem a desmontagem e identificação dos dispositivos.
- Fazer um levantamento das empresas locais de reciclagem definindo quais os tipos de materiais que cada uma recebe, facilitando assim o encaminhamento do material separado para reciclagem.
- Elaboração de métodos de teste para assegurar o perfeito estado de funcionamento de cada componente.
- Elaboração de manuais de funcionamento dos kits de maneira a facilitar suas aplicações.

Bibliografia

- [1] Lee, Ching -Hwa at al. **An overview of recycling and treatment of scrap computers**. Elsevier, Journal of Hazardous Materials B114 (2004) 93–100.
- [2] Kang, Hai-Yong at al. **Electronic waste recycling: A review of U.S. infrastructure and technology options**. Elsevier, Resources, Conservation and Recycling 45 (2005) 368–400.
- [3] **CCE da USP inaugura centro pioneiro para a reciclagem de lixo eletrônico**. disponível em :
http://diariooficial.imprensaoficial.com.br/doflash/prototipo/2010/Janeiro/06/exec1/pdf/pg_0003.pdf . Acessado em 01/04/1010.
- [4] Gil, Antonio Carlos, **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3.ed.São Paulo, Editora Atlas, 1996.
- [5] Marques, Heitor Romero at al. **Metodologia da Pesquisa e do Trabalho Científico**. 2. ed. Campo Grande. UCBD, 2006.
- [6] Greenpeace, **Toxic tech**. Greenpeace International. 2005.
- [7] Maczulak, Anne. **WASTE TREATMENT: Reducing Global Waste**. Facts On File, Ney York, 2010.
- [8] Robinson, Brett H. **E-waste: An assessment of global production and environmental impacts**. Elsevier, Science of the Total Environment, 2009.
- [9] Kahhat, Ramzy at al. Exploring e-waste management systems in the United States. Elsevier, Resources, Conservation and Recycling, 2008.
- [10] Babbitt, Callie w. ar al. **Evolution of Product Lifespan and Implications for Environmental Assessment and Management: A Case Study of Personal Computers in Higher Education**. Environ. Sci. Technol, Arizona 2009.
- [12] Schlupe, Mathias at al. **Sustainable Innovation and Technology TransferIndustrial Sector Studies Recycling – from e-waste to resources**. United Nations Environment Programme & United Nations University, 2009
- [13] Rodrigues, Ângela Cássia. **Impactos sócio Ambientais dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: Estudo da Cadeia Pós Consumo no Brasil**. Disetação de pós graduação em engharia de produção, Santa Bárbara D'oeste, 2007.
- [14] Widmer, Rolf at al. **Global perspectives on e-waste**. Elsevier, Environmental Impact Assessment Review 25, 2005.

- [15] Rocha, Gustavo H. T. et al. **Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais**. Meius Engenharia Ltda. Belo Horizonte, 2009.
- [16] Hester, R.E. et al. **Electronic Waste Management**. The Royal Society of Chemistry, 2009.
- [17] Macohin, Aline. **A Sustentabilidade Na informática – Reciclagem e Eliminação dos Produtos Tóxicos das Peças de Computadores**. Centro Universitário Franciscano UNIFAE, 2007.
- [18] Williams, Eric et al. **Environmental, Social, and Economic Implications of Global Reuse and Recycling of Personal Computers**. Environ. Sci. Technol. Arizona 2008.
- [19] **About SVTC** . Disponível em: <http://www.svtc.org/site/PageServer>. Acessado em 15/05/2010.
- [21] **Até 2014, venda de PCs crescerá tanto quanto nos últimos 30 anos**. Disponível em: <http://www.computerworld.com.br>. Acessado em 03/05/2010.
- [22] Kuehr, R e Williams, E. **Computers and the Environment Understanding and managing their impacts**. Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [23] Varin, B. e Roinat, P. **The Entrepreneur's Guide to Computers Recycling**. UNESCO e ADEME, 2008.
- [24] Cui, J. e Forsberg, E. **Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review**. Elsevier, Journal of Hazardous Materials, (2003)
- [25] Chrispin Neto, J. P. **E-resíduos: A influência da Norma Européia WEEE na Estratégia da Indústria de Celulares no Brasil e no Mundo e o Impacto Ambiental do Descarte Inadequado**. Tese de Mestrado, UFRN, 2007.
- [26] Magno, Wictor C. et al. **Realizando experimentos didáticos com o sistema de som de um PC**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2004.
- [27] Magno, Wictor C. e Montarroyos, E. **Decodificando o Controle Remoto Com a Placa de Som do PC**. Revista Brasileira do Ensino de Física, 2002.
- [28] **Manipulação da Porta Paralela utilizando C++**. Disponível em: <http://www.cefetsp.br/edu/garabed/c/pararela/index.html>. Acessado em 16/05/2010.
- [29] **Utilizando o LOGO em Windows 2000, NT e XP**, Disponível em: http://www.mecatronicaatual.com.br/files/file/logo_instr.htm. Acessado em 16/05/2010.

[30] **Porta Paralela.** Disponível em: <http://paginas.ucpel.tche.br/~rafaelte/portap.html> . Acessado em: 16/05/2010.

[31] Kilian, T. C. **Modern Control Technology: Components and Systems.** 2ª. Edição.

[32] Souza, E. G. e Krettle, H. Y. **Tecnologia da informação sustentável: Um Estudo de Caso Sobre TI Verde.** Trabalho de conclusão de curso de engenharia elétrica, Vila Velha 2008.

[33] **US Didactic inc – educational equipment & training system.** Disponível em: <http://www.usdidactic.com/unitrain.html>. Acessado em: 24/06/2010.

[34] **Bytronics.** Disponível em: <http://www.bytronic.net/html/dl7211.html>. Acessado em: 24/06/2010.