

## **CONSTRUINDO ROBÔS DE BAIXO CUSTO A PARTIR DE LIXO TECNOLÓGICO**

**Emerson Ferreira de Araújo Lima, emerson.lima@gmail.com<sup>1</sup>**  
**José Cláudio dos Santos<sup>1</sup>, mecatrontec@gmail.com**  
**Rodrigo Mero Sarmiento da Silva<sup>1</sup>, rodrigo.mero@gmail.com**  
**Marcos José Ferreira Neto<sup>1</sup>, marcos\_neto3@hotmail.com**  
**Walysson Vital Barbosa<sup>1</sup>, walysson\_vital@hotmail.com**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas – Campus Palmeira dos Índios, Av. Das Alagoas s/n, Palmeira de Fora, Palmeira dos Índios, Alagoas CEP 57601-220

***Resumo:** Nas últimas décadas, tecnologias que envolvem equipamentos eletroeletrônicos e informática vêm se desenvolvendo em ritmo acelerado. Contudo, esta evolução leva ao descarte de tecnologias "antigas", descarte este que vem crescendo bastante e que não tem tido tratamento adequado, gerando o chamado lixo tecnológico (e-lixo). Este tipo de lixo tem provocado danos consideráveis ao meio ambiente e à qualidade de vida de populações que se encontram expostas a esse tipo de dejetos, uma vez que estes apresentam metais pesados em sua composição. Estima-se que sejam produzidas de 20 a 50 milhões de toneladas ao ano de sucata eletrônica no mundo, cerca de quatro mil toneladas por hora. Buscar alternativas para minimização dos efeitos deste descarte é fundamental. Nesse sentido, muitas empresas também têm trabalhado para desenvolver produtos que consumam menos energia ou que sejam menos agressivos ao meio-ambiente. A maior parte dos países desenvolvidos tem mecanismos para expandir a reciclagem de e-lixo. No Brasil, entretanto, a discussão ainda é superficial. Uma alternativa para aproveitamento do e-lixo é a metarreciclagem, que consiste em prolongar a vida útil de peças e aparelhos ou transformá-los utilizando sucatas como matéria-prima. Um caminho, dentro da metarreciclagem, é a robótica, considerada hoje a mola mestra de uma nova mutação dos meios de produção, isto devido a sua versatilidade. Neste artigo, é apresentada uma proposta para reutilização do e-lixo para a construção de robôs inteligentes de baixo custo, através da criação de um catálogo de peças passíveis de utilização em robôs e da apresentação da construção de alguns protótipos. Com isso, as escolas e todos que tem dificuldades de acesso à robótica, devido aos altos custos de kits de robótica, poderão ter acesso a essa tecnologia a custo praticamente zero, simplesmente reutilizando equipamentos encontrados em casa e que iriam para o lixo.*

***Palavras-chave:** Robótica, Reciclagem, Lixo-Tecnológico*

### **1. INTRODUÇÃO**

A partir do momento em que o homem construiu sua primeira ferramenta com o intuito de facilitar as suas tarefas, desenvolveu tecnologia. Esta pode ser definida como algo que envolva um conhecimento técnico-científico e as ferramentas, processos e materiais criados e/ou utilizados a partir de tal conhecimento. No entanto, este termo tem sido muito associado a equipamentos eletroeletrônicos, e principalmente à informática.

Nas últimas décadas, este tipo de tecnologia vem se desenvolvendo em ritmo acelerado, o que é muito bom, devido ao surgimento de novas ferramentas que facilitam na execução de tarefas, levando, mais rapidamente, a obtenção dos resultados esperados. Por outro lado, esta evolução leva ao descarte de tecnologias "antigas", descarte este que vem crescendo bastante e que não tem tido tratamento adequado.

No Brasil, a exemplo do que ocorre em países desenvolvidos, os ciclos de substituição de produtos estão cada vez menores (LACERDA, 2008) O tempo médio para troca dos celulares - que já são mais de 102 milhões em uso no país - é de menos de dois anos. Os computadores, cuja base instalada é estimada em 33 milhões, são substituídos a cada quatro anos nas empresas e a cada cinco anos pelos usuários domésticos, de acordo com estimativa da consultoria IT Data. A estimativa é de que cerca de um bilhão de computadores serão descartados mundialmente entre 2005 e 2010, aumentando, de forma alarmante, a quantidade de lixo tecnológico (eletrônico).

O lixo tecnológico é provocado pelo descarte indevido de equipamentos eletrônicos e, em especial, equipamentos de informática tais como, computadores pessoais, laptops, monitores de vídeo e baterias, e tem provocado danos consideráveis ao meio ambiente e à qualidade de vida de populações que se encontram expostas a esse tipo de dejetos,

principalmente em países pobres. Neste rol não figuram apenas os computadores pessoais, mas uma gama de dispositivos de vida útil extremamente curta e/ou velozmente descartáveis, a exemplo de celulares, *smartphones*, tocadores de MP3 e MP4 e videogames.

Ao descartar pilhas, baterias, chips de memórias, mouses, impressoras e equipamentos eletrônicos, alguns cuidados deveriam ser tomados, uma vez que estes apresentam em suas composições metais pesados, como mercúrio, chumbo, zinco, cobre, platina, manganês, níquel, lítio e cádmio. No entanto, a maior parte desse lixo tóxico é jogada em terrenos baldios e queimados a céu aberto. A Agência de Proteção Ambiental dos EUA calcula que os norte-americanos produziram dois milhões de toneladas de lixo eletrônico em 2005. Segundo o Instituto de Pesquisa Gartner, 133.000 PCs são descartados diariamente no país. Os números são ainda mais expressivos quando comparados com o índice de reciclagem, próximo dos 15%. O restante acaba em lixões, onde os componentes químicos utilizados em sua fabricação poluem o meio-ambiente.

Além da preocupação com reciclagem, muitas empresas também têm trabalhado para desenvolver produtos que consumam menos energia, e empresas como Dell e HP, responsáveis por metade dos PCs (Computadores Pessoais) vendidos nos Estados Unidos, já anunciaram a utilização de materiais menos agressivos ao meio-ambiente na manufatura de computadores. Desta forma, ao passo que a população mundial se integra cada vez mais rapidamente à informática, se torna mais consciente dos malefícios que o lixo tecnológico pode causar, e lentamente passa a exigir providências das empresas. A maior parte dos países da Europa, a Coreia de Sul e o Japão já têm mecanismos para expandir a reciclagem de eletrônicos. Nos Estados Unidos, o assunto começa a ganhar importância, entretanto no Brasil a discussão ainda é superficial. Poucas empresas, como a Suzaquim (SUZAQUIM, 2009), que transforma resíduos metálicos em matéria-prima para corantes para pisos cerâmicos, vidros e refratários, e a Sucata Digital, que recicla lixo eletrônico das fabricantes de eletroeletrônicos localizadas na Zona Franca de Manaus, tem atuado no ramo da reciclagem de lixo eletrônico.

Faltam regulamentações que definam regras para tratamento do lixo eletrônico no Brasil. Uma Política Nacional de Resíduos Sólidos tem tramitado no Congresso Nacional, sem sucesso, há 17 anos. No entanto, os problemas gerados por estes dejetos não esperam, e a definição de estratégias locais para minimização destes é fundamental.

No Instituto Federal de Alagoas, algumas ações vêm sendo desenvolvidas neste sentido, através da construção de robôs a partir da reciclagem de lixo eletrônico.

A robótica, ciência que estuda a construção de robôs, envolve várias disciplinas como engenharia mecânica e elétrica, inteligência artificial, engenharia eletrônica, física, entre outras (GIFFORD, 1998) Ela é considerada hoje a mola mestra de uma nova mutação dos meios de produção, isto devido a sua versatilidade, em oposição à automação fixa ou “*hard*”, atualmente dominante na indústria. Os robôs, graças ao seu sistema lógico ou informático, podem ser reprogramados e utilizados em uma grande variedade de tarefas. Mas, não é a reprogramação o fator mais importante na versatilidade desejada e sim a adaptação às variações no seu ambiente de trabalho, mediante um sistema adequado de percepção e tratamento de informação (FERREIRA, 1991).

A construção de robôs inteligentes de baixo custo, além de se preocupar com a reciclagem do lixo tecnológico, também pode ser utilizada para fins educativos, através da Robótica Pedagógica. Esta é caracterizada por ambientes de aprendizagem onde o aluno pode montar e programar um robô ou sistema robotizado, indo desde a simulação na tela do computador, como por exemplo, a implementação de um relógio digital ou contador que aparece na tela do computador e possui apenas sensores externos até meios físicos externos ao computador. Um robô inteligente com capacidade de decisão numa competição pode ser um projeto bastante estimulante ao aprendiz e é viável numa escola.

## 2. RECICLAGEM DE LIXO TECNOLÓGICO

A maioria das pessoas já ouviu falar sobre os perigos do descarte inadequado de aparelhos eletroeletrônicos. Entretanto, são poucos os conhecedores dos elementos que constitui esses aparelhos e pouquíssimos os que sabem as doenças causadas pela contaminação desses materiais. É a falta de conhecimento, um dos principais motivos, que faz a população não ter os devidos cuidados ao descartar o lixo tecnológico. De acordo com dados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), o mundo produz anualmente de 20 a 50 milhões de toneladas de lixo eletrônico (e-lixo), cerca de quatro mil toneladas por hora. Na Europa o volume do e-lixo cresce quase três vezes mais rápido do que do lixo comum coletado e estima-se que sua produção nos países em desenvolvimento triplique nos próximos cinco anos (ARTONI, 2007).

Em 1994, a Convenção de Basileia, assinada por quase todos os países desenvolvidos, proibiu a exportação de resíduos perigosos dos países ricos aos pobres, incluídos os destinados à reciclagem. No entanto, segundo o PNUMA, 80% lixo eletrônico produzido no mundo tem como destino a Ásia e, desse percentual, 90% chega à China. Essa nova atividade econômica faz os moradores dos povoados, como o de Guiyu, localizado no desenvolvido litoral chinês, abandonarem o cultivo de arroz para trabalharem com a reciclagem do lixo tecnológico do resto do mundo, por ser muito mais lucrativo. Tornou-se comum encontrar homens, mulheres e crianças fundindo e destruindo restos de artigos eletrônicos, principalmente computadores, expostos as mais de 700 substâncias tóxicas que estão contidas nesses aparelhos sem qualquer proteção.

Para ter uma idéia dos índices de contaminação da região, segundo um estudo da Universidade de Shantou, 80% das crianças de Guiyu apresentam altos níveis de chumbo no sangue. E estima-se que não seja possível encontrar água potável em 50 quilômetros ao redor do local, uma vez que as substâncias tóxicas se acumulam nas beiras do rio e se infiltram no solo.

O relatório *The Digital Dump: Exporting Reuse and Abuse to Africa* (PUCKET, 2005), aponta que grande parte dos computadores e outros equipamentos enviados dos Estados Unidos - único país desenvolvido que não assinou a Convenção de Basileia - para países em desenvolvimento são inúteis ou não têm conserto. Como exemplo, pode ser citado o porto da capital nigeriana que recebe mensalmente cerca de 400 mil máquinas usadas e estima-se que, dessas, em torno de 75% de equipamentos inutilizados, que não podem ser consertados.

Em 2002, a *Basel Action Network* foi co-autora de outro relatório destacando que 50% a 80% dos equipamentos eletrônicos usados coletados para reciclagem nos Estados Unidos eram desmontados e reciclados sob condições irregulares e nocivas à saúde na China, na Índia, no Paquistão e em outras nações em desenvolvimento.

Em 2007, os brasileiros compraram 20 milhões de computadores, 11 milhões de televisores, 21 milhões de novos telefones celulares e 11 milhões de televisores. Em 2008, era esperada a compra de mais de 10 milhões de computadores e cerca de 49 milhões de celulares. Aqui, a exemplo do que ocorre em países desenvolvidos, os ciclos de substituição de produtos estão cada vez menores (LACERDA, 2006). Os computadores são substituídos a cada quatro anos nas empresas e a cada cinco anos pelos usuários domésticos, de acordo com estimativa da consultoria IT Data. Dessa forma, estima-se que entre três a cinco anos todos esses aparelhos sejam descartados, aumentando ainda mais o volume do lixo tecnológico.

Um problema alarmante que está preocupando ambientalistas é a substituição, por conta da chegada da TV Digital, dos televisores de tubos de imagem para os de telas planas de cristal líquido (LCD), aumentando ainda mais o volume de lixo tecnológico produzido no Brasil.

À medida que o volume de lixo eletrônico aumenta, cresce também a preocupação das Nações Unidas por causa do seu efeito poluidor, de sua toxicidade e também por se tratar de um desperdício de recursos, o que faz o preço de alguns metais utilizados na fabricação de componentes e circuitos impressos multiplicar. Um exemplo disso é o índio (essencial para fabricação de monitores LCD e de telefones celulares) que nos últimos cinco anos sofreu seis aumentos e atualmente está mais caro que a prata. Outros exemplos são o bismuto, utilizado em soldas sem chumbo que dobrou de preço nos últimos dois anos, e o rutênio, utilizado em resistores e cujo preço foi multiplicado por sete. Com o atual consumo desses elementos, a reciclagem torna-se indispensável para garantir posteriormente a oferta e preços competitivos.

Por enquanto, no Brasil, faltam regulamentações que definam regras para tratamento do lixo eletrônico no Brasil. Uma Política Nacional de Resíduos Sólidos tem tramitado no Congresso Nacional, sem sucesso, desde 1991. No entanto, os problemas gerados por estes dejetos não esperam, e a definição de estratégias locais para minimização destes é fundamental.

A única lei que trata de recolhimento de material eletrônico no país é a Resolução 257, de 1999, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CoNaMA), que responsabiliza os fabricantes ou importadores de pilhas e baterias pela destinação ecologicamente correta desses objetos, obrigando-os implantarem mecanismos de coleta. Entretanto, apesar da ampliação dos postos de coletas, a quantidade recolhida ainda é bem inferior à satisfatória. Um fator que contribui para isso é a falta de informação sobre os riscos, para o homem e o meio ambiente, oferecidos pelas substâncias contidas nas pilhas e baterias. Um exemplo disso é a dificuldade de encontrar um mercado pequeno que colete pilhas usadas, principalmente nas áreas interioranas.

Com o objetivo de minimizar os efeitos do lixo tecnológico, no dia 22 de Janeiro de 1999, foi decretada a Lei de resíduos do Paraná que estabelece princípios, procedimentos, normas e critérios referentes à geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos no Estado do Paraná, visando controle da poluição, da contaminação e a minimização de seus impactos ambientais e adota outras providências.

O estado de Santa Catarina elaborou uma lei, em vigor desde 25/01/08, que trata do assunto, responsabilizando os fabricantes, importadores e empresas que comercializam eletrônicos para dar um destino final ecologicamente correto aos equipamentos e seus componentes.

No dia 9 de junho de 2009, a Assembléia Legislativa de São Paulo aprovou um projeto lei que obriga as empresas que fabricam, importam ou vendem produtos eletrônicos a reciclá-los ou reutilizá-los. E caso não seja possível reciclá-los, torna-se responsabilidade da empresa garantir que esses produtos não contaminem o meio ambiente.

Por enquanto, esses estados são referências por possuir uma legislação que trata do lixo eletrônico. Enquanto isso, em várias localidades do país existe ações de instituições e ONGs que visam minimizar os danos provocados pelo e-lixo. No momento, as práticas mais difundidas são a re-manufatura, a desmanufatura e a metarreciclagem.

A re-manufatura é a reutilização de determinada peça que possivelmente iria para o lixo. São exemplos da re-manufatura a reutilização de cartuchos e toner de impressoras.

Existe também a desmanufatura ou reciclagem, que consiste em desmontar o lixo tecnológico de modo que seja possível recuperar metais, plásticos, vidros e outros componentes. Porém, são poucas as empresas que prestam esse serviço, devido à necessidade de máquinas com alto grau tecnológico e que, por isso, possuem alto valor no mercado. Estas geralmente estão localizadas nas regiões Sul e Sudeste.

A metarreciclagem consiste em prolongar a vida útil de peças e aparelhos ou transformá-los, por exemplo, em arte. No Brasil, existem muitas as entidades que promovem inclusão digital a partir de computadores doados e artistas cuja principal característica é o uso de sucatas eletrônicas como matéria-prima. Na Figura (1), são apresentados exemplos da metarreciclagem.



**Figura 1. Exemplos de Metarreциclagem.**

Dentro da prática de metarreциclagem, existe o trabalho de grupos como o do projeto Robótica Livre (CÉSAR, 2009), que busca utilizar a sucata como material base para a construção de kits alternativos de robótica e de artefatos tecnológicos. Essa linha de trabalho é bastante importante, pois, além de incentivar com a reciclagem, ainda possibilita a construção de robôs a um custo mais baixo, além de ser extremamente educativo, envolvendo várias áreas de estudo e estimulando os alunos a praticar e expandir os conhecimentos adquiridos em sala de aula.

### 3. CATÁLOGO DE PEÇAS

E como primeiros resultados deste projeto, alguns protótipos de robôs foram construídos. Estes robôs ainda não possuem programação alguma, sendo simplesmente mecânicos/eletrônicos. Antes da construção, foi realizado um levantamento sobre possíveis peças que iriam compor o robô. As peças utilizadas vieram de produtos comuns, presentes na maioria das casas.

Vários componentes comum podem ser aplicados na parte mecânica dos robôs de lixo. Na Tabela (1) são listados alguns itens mais fáceis de serem encontrados e adaptados na construção de diversos projetos de robótica.

**Tabela 1 – Parte Mecânica do Robô**

Produto	Utilidade
Rádio-Gravadores	Com diferentes formas, assemelham-se a uma cabeça de robôs.
Impressoras	Possuem internamente eixos, engrenagens, roldanas, contando também com roletes responsável por puxar o papel, que podem ser usados como pneus excelentes
Vídeo Cassete	Possui uma mecânica complexa, podendo ser retirado o conjunto de engrenagem fixas que proporcionam força mecânica.
Cano PVC	Encontrado em diversos diâmetros, fáceis de cortar, moldar e furar. Usado como estrutura esquelética, parte de rodas e membros.
CDs e DVDs	Pode-se usá-los como rodas ou plataformas de pequenos aparatos robóticos
Servo-motor	Encontrados em algumas antenas parabólicas, são leves, compactos e com excelente força mecânica.
DVD players	Possui engrenagens e eixos.
Som residencial	Possuem engrenagens, polias, eixos, entre outros.
Bicicleta velha	Podem-se utilizar as rodas, catraca, corrente e coroa.
Mangueira	Usada como suporte.
Tampas	Podem ser utilizadas como rodas
Aparelho de FAX	Possui muitas engrenagens e eixos.
TVs	Destes equipamentos pode ser usado o gabinete (caixa) por possuir áreas planas de tamanho considerável.
Gabinetes de PC	Possuem áreas grandes de chapa metálicas e uma forma retangular já pronta e resistente para usar como corpo ou base.

Na parte mecânica, todo produto exige um corpo, estrutura ou chassi onde serão instalados os acessórios para as funções desejadas. A forma do robô construído de materiais tecnológicos vai depender da criatividade e da necessidade do projeto, podendo-se, por exemplo, utilizar uma lixeira, colocar rodas e alguns sensores.

Em relação à parte eletrônica do robô, a Tab. (2) apresenta o que pode ser utilizado de produtos facilmente encontráveis em meio ao lixo tecnológico.

**Tabela 2 – Parte Eletrônica do Robô**

Produto	Componentes
TVs	Possuem sensor Infravermelho, transistores de potências e alguns circuitos integrados.
Som residencial	Neles encontram-se motores, <i>drivers</i> (circuitos de controle de motores), transistores de pequena e media potências, sensores de infravermelhos, circuitos integrados, leds e chaves que podem ser usados como sensores.
Vídeo cassete	Possui foto-transistor, leds, sensor infravermelho, sensor de umidade, motor capstam, que possui três elementos HALL (transistores usados como sensores magnéticos), outros tipos de motores, CI <i>drivers</i> para controlar a direção dos motores, CIs da família Cmos e TTL.
Impressoras, Scanners, Aparelho de Fax e maquinas copiadores	São os equipamentos que possuem o maior numero de componentes para aproveitamento dentre os quais motores de passos e bipolares, vários tipos de sensores e CIs.
Controle remoto	Todo controle remoto de equipamento residencial possui um LED infravermelho.
PC	Dos computadores podem ser retirados CIs, CMOS e TTL.

A partir deste levantamento apresentado, nota-se que a variedade de produtos que pode ser utilizada para a construção de robôs é vasta. Assim, poderá ser reduzindo o descarte de algumas peças, bem como o custo da construção dos robôs. A desvantagem deste processo de construção é que dificilmente será encontrado algo já pronto para aplicar, sendo necessário fazer varias modificações, retificações, adaptações e correções, até alcançar o estado desejado.

A seguir, serão apresentados os protótipos construídos com algumas das peças descritas anteriormente. São eles: o Robô de CDs, o Robô Mouse e o Robô de Componentes Danificados.

#### 4. PROTÓTIPOS DE ROBÔS

##### 4.1. Robôs de Cds

Este robô, como o próprio nome sugere, foi construído utilizando CDs ou DVDs que não funcionam mais por estarem arranhados ou descascando. No protótipo da Figura (2), foram utilizados 14 discos presos por cola quente e parafusos. A interligação entre um CD e outro é feita através de parafusos e pedaços de mangueira fina.

Para que o robô possa se movimentar, oito motores de unidade óptica da marca PHILIPS modelo CDM12, usado por vários fabricantes de tocadores de CD, foram presos aos CDs com cola quente. A configuração de ligações dos motores foi a seguinte: no lado esquerdo quatro motores ligados em serie, no lado direito mais quatro motores em serie, além de dois conjuntos de quatro desses motores em ligados em paralelo. Estes motores foram alimentados por cinco pilhas tipo AA alcalinas de 1.5v. Como pneus, foram colocados oito tampas de garrafas PET.



**Figura 2. Robôs de CDs.**

#### 4.2. Robô Mouse

O robô mouse é constituído por um mouse velho, dois LEDs, dois micro motores de unidade óptica, um pedaço de arame e alguns pedaços de fios. Além destas peças, foi instalada no robô uma pequena chave LD (liga/desliga).

Os pneus deste robô são feitos de peças do interior do próprio mouse. Para alimentação, duas pilhas tipo AAA alcalinas são utilizadas para alimentação deste robô. Estas pilhas são as únicas coisas novas no Robô Mouse.

Na Figura (3), é mostrado o Robô Mouse aberto com suas pilhas (esquerda), e pronto para funcionar (direita). Uma das dificuldades deste robô foram as pequenas dimensões do mouse.

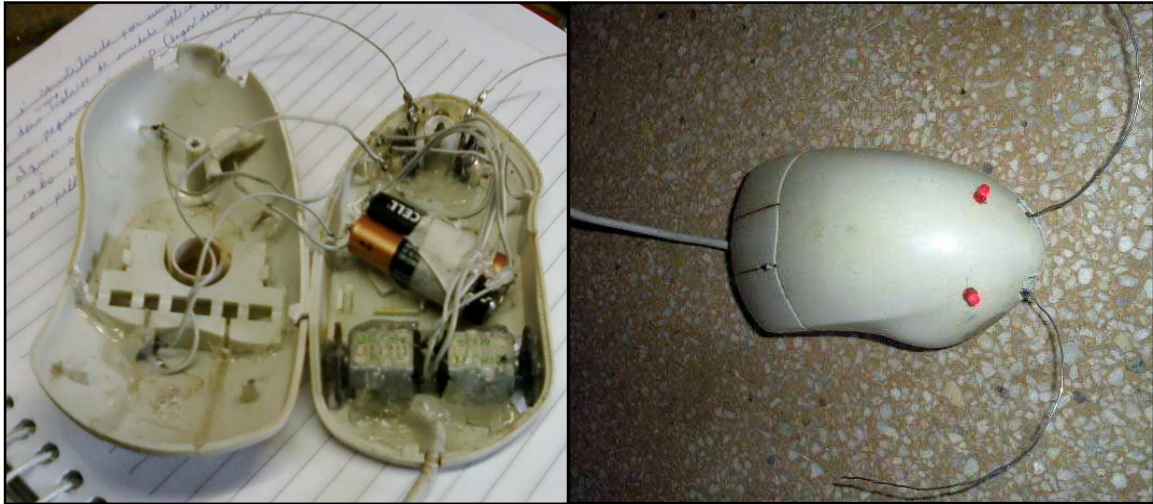


Figura 3. Robô Mouse: por dentro e montado.

#### 4.3. Robô de Componentes Danificados

O Robô de componentes danificados (Fig. (4)) é composto por dezenas de CI (Circuito Integrados), transistores, capacitores, resistores, diodos, micro chaves, unidade óptica, reparos de *tweeter*, além de servos motores usados em antenas parabólicas.

A cabeça é feita por duas unidades ópticas da marca Sony modelo KSS213, e o chapéu são reparos de super twiter. As pernas deste robô são feitas com capacitores eletrolíticos grandes. Já os braços são de mangueira de condutores elétricos. Uma pequena caixa plástica serve de suporte para os componentes colados com cola quente.

Os pneus dianteiros (Fig. (4)) são feitos de recortes de PCI (Placa de Circuito Impresso). As únicas coisas novas neste robô são as pilhas e o pneu traseiro.

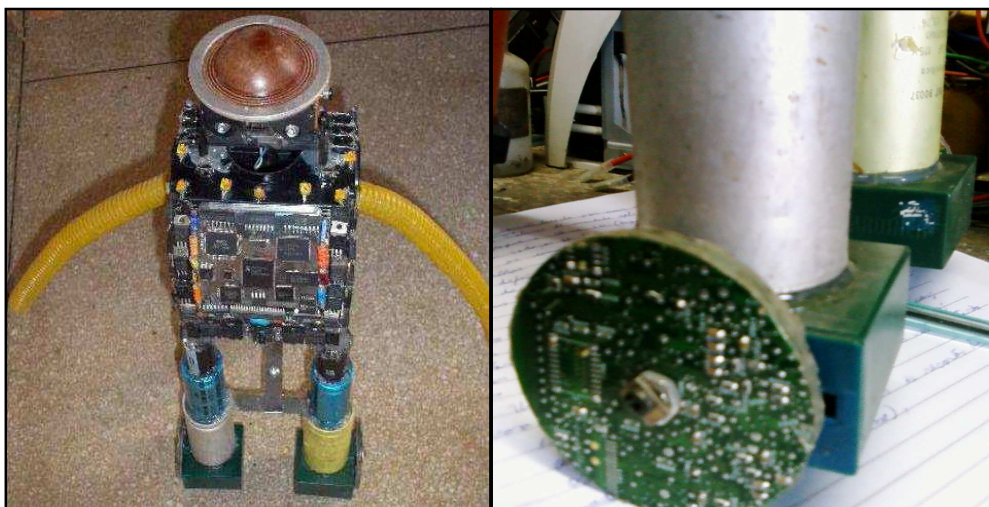


Figura 4. Robô de Componentes Danificados e o Detalhe da Roda do Robô.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema da produção excessiva de lixo tecnológico caminha a passos largos. Uma política para tratamento deste lixo é fundamental e urgente. No entanto, algumas iniciativas têm sido tomadas, e a reciclagem aparece como o caminho mais viável.

Utilizar as peças descartadas para a construção de novos equipamentos é uma alternativa. O que foi iniciado neste projeto busca definir estratégias para construção de robôs inteligentes de baixo custo a partir da reciclagem de lixo tecnológico.

O objetivo do projeto foi alcançado, uma vez que alguns protótipos já foram apresentados e poderão ser utilizados na própria instituição ou em escolas de região, aplicando a robótica educacional, que visa o processo de construção e elaboração do pensamento do aluno, não interessando muito o produto final e sim o caminho que é feito até que se chegue a um determinado fim. Este tipo de iniciativa é pouco utilizado devido ao alto custo dos kits de robótica existentes no mercado, como o da Lego (LEGO, 2009), que custa quase R\$2.000,00 reais. Em nosso projeto os custos são mínimos, estando basicamente na aquisição de pilhas, que deverão ser substituídas por pilhas recarregáveis. Como trabalho futuro, também deverá ser desenvolvido um manual explicando como montar alguns dos protótipos, indicando material que pode ser utilizado e os passos para construção.

Além da construção dos protótipos, também foi iniciado um trabalho de conscientização da comunidade local, incluindo servidores, alunos e moradores da região, sobre o problema do lixo tecnológico e sobre a importância da reciclagem. Este trabalho tem consistido na publicação de cartazes explicativos em locais públicos, além da realização de palestras em eventos na região.

Em uma segunda fase do projeto, será feito um estudo para implantação de inteligência no robô. Por robô inteligente podemos entender máquinas ou agrupamentos de máquinas capazes de se adaptar às modificações de ambiente mediante sistemas evoluídos de controle, percepção, comunicação e decisão. Para isto, será utilizada uma das formas de programação do robô, bem como uma das linguagens já estudadas, levando em consideração aspectos como material disponível sobre a linguagem, disponibilidade gratuita, entre outros fatores. A implementação da programação nos protótipos ainda não foi possível nesta primeira fase por questões de tempo e de restrição orçamentária para compra de microcontroladores.

## 6. AGRADECIMENTOS

Este projeto é financiado com bolsas PIBIC-Jr./FAPEAL (Fundação de Amparo à Pesquisa de Alagoas) e PIBICT/IFAL (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas).

## 7. REFERÊNCIAS

AML: A Manufacturing Language. "The International Journal of Robotics Research", Vol. 1, No. 3, 19-41, 1982

ARNOLD, Gustavo V.; LIBRELOTTO, Giovani Rubert; HENRIQUES, Pedro Rangel; FONSECA, Jaime C. "Uso da linguagem RS em robótica" - Revista do DETUA. Universidade de Aveiro. Departamento de Eletrônica. ISSN-1645-0493. 2002.

ARTONI, Camila. "O lado B da tecnologia". Revista Galileu, ed. 187 - Fev/2007.

CARNEGIE Mellon Robotics Academy. "Programming in ROBOTC – ROBOTC Rules", 2007

CÉSAR, Danilo Rodrigues. "Portal Robótica Livre". 2009. Disponível em: <[www.roboticalivre.org](http://www.roboticalivre.org)>. Acesso em: 12 set 2009.

DA ROCHA, H. V.; FREIRE, F.; PRADO, M. E. "Memo n35 – Tartaruga, Figuras, Palavras, Listas e Procedimento: Um primeiro passeio pelo Logo-SuperLogo 3.0", 2000.

FERREIRA, E. de P. "Robótica Básica", EBAI / CNPq, Rio de Janeiro, 1991.

GIFFORD, C. "Por Dentro: Robôs", Ed. Globo, 1998

HYDE, Randall. "The Art of Assembly Language", 2000. Disponível em: <<http://webster.cs.ucr.edu/AoA/>> Acesso em: 13 ago 2009

LACERDA, P.R.S.B. "A tecnologia, o lixo tecnológico e a obsolescência tecnológica", 2009. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos>> Acesso em: 04 ago 2009.

LEGO Mindstorms NXT, 2008. Disponível em: <<http://www.toymania.com.br/site/prod-detail.cfm?idprod=16208527>>. Acesso em: 05 jun 2009.

MICROSOFT Visual Programming Language. “User Guide”, 2008.

PUCKET, Jim; WESTERVELT, Sarah; GUTIERREZ, Richard; TAKAMYIA, Yuka. “The Digital Dump: Exporting Reuse and Abuse to Africa”, Basel Action Network. 2005. Disponível em: <<http://www.ban.org/Library/TheDigitalDump.pdf>> Acesso em: 12 set 2009.

SUN, Java SE. (2009). Disponível em: <<http://java.sun.com>>. Acesso em: 05 jun 2009.

SUZAQUIM Indústrias Químicas Ltda, 2009. Disponível em: <<http://www.suzaquim.com.br>>. Acesso em: 05 jun 2009.

SILVA, Renato A. “Programando Microcontroladores PIC: Linguagem C”. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.





**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
*August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil*

## **CONSTRUCTING LOW COST ROBOTS USING E-WASTE**

**Emerson Ferreira de Araújo Lima, emerson.lima@gmail.com<sup>1</sup>**  
**José Cláudio dos Santos<sup>1</sup>, mecatrontec@gmail.com**  
**Rodrigo Mero Sarmiento da Silva<sup>1</sup>, rodrigo.mero@gmail.com**  
**Marcos José Ferreira Neto<sup>1</sup>, marcos\_neto3@hotmail.com**  
**Walysson Vital Barbosa<sup>1</sup>, walysson\_vital@hotmail.com**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas – Campus Palmeira dos Índios, Av. Das Alagoas s/n, Palmeira de Fora, Palmeira dos Índios, Alagoas CEP 57601-220

***Abstract.** In the last few decades, technologies such as electronic and computer devices have been evolving vary rapidly. However, this evolution increases the discarding of “old” technologies, and there has been no adequate treatment for this garbage, generating the called e-waste. This kind of garbage causes considerable damages to the environment and human health, since it presents heavy metals in its composition. It is estimated that 20 to 50 million tons of e-waste are produced in the world, about four thousand tons per hour. Looking for ways to minimize the effects of this discarding is very important. In this scenario, many companies have been working in order to develop products that either consume less energy or that are less aggressive to the environment. Most of the developed countries have mechanisms to expand e-waste recycling. In Brazil, however, this discussion is very superficial. An alternative to use the e-waste is the metarecycling, which consists of prolonging the shelf life of devices and its pieces. One way of using metarecycling is the robotics that is one of the most important technologies of this century, because of its versatility. In this paper, it is presented a proposal for reusing e-waste to construct low cost robots and a catalogue with devices parts that can be used in this construction. It is also presented some prototypes of garbage robots. In this way, schools that cannot have access to robotics kits because of its high cost will be able to use robots in a very low price, just reusing equipments found anywhere and that would be discarded as garbage.*

**Keywords:** Robotics, Recycling, E-Waste