

# REUTILIZAÇÃO DO LIXO ELETRÔNICO E SUA CONTRIBUIÇÃO NA ROBÓTICA EDUCATIVA

Valter Tadeu COSTA SOUZA<sup>1</sup>  
Raphael GARCIA<sup>2</sup>

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo refletir sobre as legislações e formas de reutilização do lixo eletrônico, bem como entender em que medida o descarte incorreto pode causar impactos ambientais e sociais negativos. Por outro lado, também espera-se demonstrar como, através do recolhimento correto destes resíduos, tem-se contribuído na robótica educativa desenvolvida pelo projeto Robótica Livre no Brasil.

**Palavras-chave:** Lixo eletrônico. Impacto Ambiental. Robótica educativa. Robótica Livre.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que segue a tendência mundial no que diz respeito ao rápido e contínuo crescimento da produção, consumo e descarte de aparelhos eletroeletrônicos em geral. O avanço tecnológico e, principalmente, sua modernização acentuada ao longo do século XIX, alterou profundamente a maneira pela qual a sociedade se relaciona com estes equipamentos e incitou um consumo cada vez maior dos mesmos (FAVERA, 2008).

O consumismo imposto pelo paradigma do capitalismo levou à redução do ciclo de vida útil destes aparelhos e facilitou a compra deles, o que fez com que a aquisição de um novo produto fosse mais viável do que o reparo de um produto já usado. Desta maneira, um dos principais problemas relacionados ao consumismo de aparelhos eletroeletrônicos é o lixo, mais especificamente, o seu descarte. O lixo eletrônico é entendido como todos os resíduos provenientes do descarte de aparelhos compostos por circuitos eletrônicos, tais como, televisores, celulares, computadores, máquinas de lavar e etc. (FAVERA, 2008; D'ARRUIZ e CATANEO, 2009).

---

<sup>1</sup> Discente do 4º termo do curso de Sistemas de Informação do Centro Universitário "Antônio Eufrásio de Toledo", Campus de Presidente Prudente. Bolsista de Iniciação Científica no Projeto Lixo Eletrônico. E-mail: valtercosta@toledoprudente.edu.br.

<sup>2</sup> Docente do curso de Sistemas de Informação do Centro Universitário "Antônio Eufrásio de Toledo", Campus de Presidente Prudente. E-mail: raphael@fct.unesp.br.

A falta de uma destinação correta, planejada e bem executada do lixo influencia para a geração de impactos ambientais negativos, como a poluição do espaço de um modo geral e ocorrência de problemas de saúde, devido ao contato da população com componentes químicos existentes na fabricação destes equipamentos, já que de acordo com Favera (2008, p.02), os mesmos têm em sua composição diversos tipos de substâncias “desde elementos químicos simples a hidrocarbonetos complexos”.

Logo, este artigo justifica-se, uma vez que no Brasil a situação é agravada pela carência de empresas que trabalham especificamente com a atividade de reaproveitamento e reciclagem do lixo eletrônico. Soma-se a isso a falta de sensibilização por parte dos fabricantes e dos consumidores sobre a importância de se destinar corretamente tais equipamentos no momento de seu descarte (FAVERA, 2008; D'ARRUIZ e CATANEO, 2009).

Entretanto, algumas ações pioneiras importantes referentes à reutilização de lixo eletrônico, é o projeto Robótica Livre que faz uso destes resíduos para a construção de que será abordado no item 2.1.

## **1.1 LEGISLAÇÕES NO BRASIL**

Sobre o descarte de lixo eletrônico pode-se dizer que existe a Lei nº 12.305 do ano de 2010 que instituiu no país a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)<sup>3</sup>. Esta lei foi considerada um marco legislativo na busca pela minimização dos problemas ambientais e até mesmo sociais, decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos dentro do território. Ela tem como objetivo principal prevenir e reduzir a geração desnecessária de resíduos sólidos, chamando a atenção para a importância de sua reciclagem e correta reutilização. Esta lei foi importante por regularizar a destinação final do lixo, mesmo que não trate especificamente dos resíduos eletrônicos, que requerem maior cuidado devido aos elementos químicos utilizados em sua composição (D'ARRUIZ e CATANEO, 2009; BRASIL, 2010).

---

<sup>3</sup> Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em 16 de Set. 2014.

Mais especificamente sobre resíduos eletrônicos pode-se citar a Resolução 257<sup>4</sup> do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que foi instituída no ano de 1999 e estabeleceu limites para o uso de substâncias tóxicas na fabricação de pilhas e baterias e responsabilizou seus fabricantes nos processos de recolhimento e de encaminhamento para a reciclagem destes componentes.

De acordo com Lima *et al.* (2010) pode-se citar ainda algumas legislações regionais como a Lei de resíduos do estado do Paraná instituída em 1999, que teve como finalidade diminuir os impactos do lixo tecnológico em seu território, através da regularização e o estabelecimento de princípios, procedimentos, normas e critérios referentes aos processos de geração, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos; e no estado de São Paulo, onde a Assembleia Legislativa aprovou um projeto de lei que data do ano de 2009, que obriga os fabricantes, importadores e vendedores de produtos eletrônicos a reciclá-los e/ou reutilizá-los e caso essas ações não sejam possíveis, os mesmos devem buscar meios viáveis de descarte para que os resíduos não causem impactos negativos ao ambiente.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 REUTILIZAÇÃO DE LIXO ELETRÔNICO E PROJETO ROBÓTICA LIVRE**

Mesmo com a falta de legislação específica para regulamentar o descarte do lixo eletrônico, sua reciclagem e/ou reutilização e de empresas que trabalham com este tipo de atividade, ainda é possível identificar instituições, ONGs e projetos que buscam minimizar os efeitos nocivos causados pelo descarte irregular do lixo eletrônico, através de sua reciclagem e reutilização. De acordo com Lima *et al.* (2010) atualmente há três tipos conhecidos de reaproveitamento do lixo eletrônico, são eles:

- **Remanufatura**: consiste no processo de reutilização de uma peça que iria para o lixo após o uso. Tem-se como exemplo de remanufatura a recarga e a reutilização de cartuchos e toners de impressoras.

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>>. Acesso em 16. De Set. 2014.

- **Desmanufatura (Reciclagem):** quando é realizada uma triagem, separando e desmontando as partes do lixo eletrônico, sendo possível a recuperação de metais, plásticos, vidros e outros itens. Há poucas empresas que prestam esse tipo de serviço no país, uma vez que o custo do maquinário de alta tecnologia necessário à realização desses processos é caro. Por fim,
- **Metareciclagem:** que possibilita aumentar o tempo de uso dos componentes e aparelhos ou utilizá-los para outros fins, como por exemplo, na construção de obras de arte, robótica e etc. (LIMA *et. al.*, 2010).

Após esta explanação é possível mencionar as atividades do Projeto Robótica Livre desenvolvido pelo professor de Robótica, Danilo César Rodrigues, do CETE-CEFET em Itabirito- MG, que é um importante exemplo de *Metareciclagem* no Brasil. O diferencial deste projeto está na utilização de sucatas e/ou peças que seriam descartadas, na construção robótica e outras criações tecnológicas. As construções realizadas no projeto, além de demonstrar a possibilidade de reutilização do lixo eletrônico, são importantes ferramentas para enriquecer e conhecer diferentes campos científicos em sala de aula, além disso, sensibilizam as pessoas para a necessidade da reciclagem e reutilização do lixo eletrônico (CESAR, 2009 *apud* LIMA *et. al.* 2010).

Um dos resultados deste projeto, por exemplo, é a construção de alguns exemplares de robôs que ainda não possuem programação e seus movimentos são apenas mecânicos, mas que demonstram a possibilidade de reuso do lixo que seria descartado. A construção destes robôs foi realizada a partir da utilização de peças componentes de partes mecânicas e eletrônicas de outros equipamentos eletroeletrônicos, Tabela 1 e tabela 2.

**Tabela 1-** Lixo eletrônico que pode ser aproveitado na construção da parte mecânica de um Robô.

<b>Equipamentos</b>	<b>Reaproveitamento</b>
Rádio-Gravadores	Com diferentes formas, assemelham-se a uma cabeça de robôs.
Impressoras	Possuem internamente eixos, engrenagens, roldanas, roletes capazes de puxar o papel e que podem ser

	usados como pneus excelentes.
Vídeo Cassete	Possui mecânica complexa e dele pode ser retirado um conjunto de engrenagens fixas que proporcionam força mecânica.
Cano PVC	Encontrado em diversos diâmetros, fáceis de cortar, moldar e furar. Pode ser usado como estrutura esquelética, parte de rodas e membros.
CDs e DVDs	São reaproveitados como rodas ou plataformas de pequenos aparatos robóticos.
Servo-motor	Encontrado em algumas antenas parabólicas, são leves, compactos e com excelente força mecânica.
DVD players	Possuem engrenagens e eixos.
Som residencial	Possui engrenagens, polias e eixos.
Bicicleta velha	Reutilizam-se as rodas, catraca, corrente e coroa.
Mangueira	Usada como suporte.
Tampas	Podem ser utilizadas como rodas.
Aparelhos de FAX	Possuem 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.

**Fonte:** Lima *et al.* (2010). **Organização:** COSTA SOUZA e GARCIA (2014).

**Tabela 2-** Lixo eletrônico que pode ser aproveitado na construção da parte eletrônica do robô.

<b>Equipamentos</b>	<b>Reaproveitamento</b>
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 média potência, sensores de infravermelho, circuitos integrados, leds e chaves que podem ser usadas 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 eles, os 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.

**Fonte:** Lima *et al.* (2010). **Organização:** COSTA SOUZA e GARCIA (2014).

Observa-se, a partir dos equipamentos listados, a grande quantidade de objetos que podem ser utilizados na construção dos robôs e assim, reduzindo diretamente o descarte do lixo eletrônico, do custo da construção e na minimização dos impactos negativos causados ao ambiente. Um obstáculo que pode ser citado na construção dos robôs é a necessidade de modificações, adaptações e correções para que se consiga o resultado desejado, uma vez que não existe algo pronto.

Na figura 1, observa-se um protótipo construído com algumas das peças listadas na tabela 1 e na tabela 2.

**Figura 1- Robô construído por CDs**



Fonte: CESAR (2009).

O robô de CDs, Figura 1, foi construído a partir da reutilização de CDs e/ou DVDs defeituosos e inutilizados. Observa-se que em sua construção foram utilizados 14 discos que estão presos por cola quente e parafusos e há também uma ligação entre um CD e outro, feita pela associação de parafusos e uma mangueira de espessura fina, seus pneus foram construídos a partir de tampas de garrafa. O movimento do robô é obtido a partir de oito motores de unidade óptica da marca PHILIPS, modelo CDM12, utilizado por alguns fabricantes de aparelhos de som. A configuração dos motores segue o seguinte padrão: do lado esquerdo localizam-se quatro motores ligados em série, do lado direito mais quatro motores em série, além de dois conjuntos de quatro dos mesmos motores ligados paralelamente. E por fim, a alimentação de energia do robô é composta por cinco pilhas AA alcalinas de 5v (LIMA *et. al.*, 2010).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da elaboração deste trabalho, considera-se que o descarte de lixo eletrônico no Brasil ainda é incipiente, devido à falta de legislação específica e à carência de empresas que trabalhem com esta atividade. Entretanto, algumas ações como o projeto Robótica Livre podem ser encontradas, este projeto é um importante exemplo de metareciclagem, a partir do aproveitamento de resíduos eletrônicos, na construção da robótica educativa, sendo esta, uma das soluções criativas para o reuso do lixo eletrônico e para minimizar os impactos ambientais e sociais negativos resultantes do descarte irregular deste tipo de lixo.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENTRO UNIVERSITÁRIO “ANTONIO EUFRÁSIO DE TOLEDO”. **Normalização de apresentação de monografias e trabalhos de conclusão de curso**. 2007 – Presidente Prudente, 2007, 110p.

CESAR, D. R. “**Portal Robótica Livre**”. 2009. Disponível em:<[www.roboticalivre.org](http://www.roboticalivre.org)>. Acesso em: 12 de Set 2009.

D’ARRUIZ, E. H.; CATANEO, P. F. E-lixo – Como diminuir as Consequências causadas pelo lixo eletrônico, em busca de uma informática sustentável. **ETIC - ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**. Vol. 5, Nº 5. 2009. Disponível em<<http://intertemas.unitoledo.br/revista/index.php/ETIC/article/viewArticle/2141>>. Acesso em 16 de Set. 2014.

FAVERA, E.C. D. **Lixo Eletrônico e a Sociedade**. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Disponível em:< [www-usr.inf.ufsm.br/~favera/elc1020/t1/artigo-elc1020.pdf](http://www-usr.inf.ufsm.br/~favera/elc1020/t1/artigo-elc1020.pdf)>. Acesso em 16 de Set. 2014.

LIMA et. al. CONSTRUINDO ROBÔS DE BAIXO CUSTO A PARTIR DE LIXO TECNOLÓGICO. **Anais... VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**. 18 a 21 de agosto de 2010. Campina Grande, Paraíba, Brasil. Disponível em:<>. Acesso em 16 de Set. 2014.

ROSA, A. **Fabricação de cada computador consome 1.800 quilos de materiais**. Disponível em:<<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4qsDZcbXiP0J:www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php%3Fartigo%3D010125070309+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br#.VBh-ypRdXZE>>. Acesso em 16 de Set. 2014.