



Educação Ambiental e cultura maker no contexto da educação 4.0¹

Mauricio Quelhas Antolin²

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

0000-0002-1887-1694

Gisele Duarte Caboclo Antolin³

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

0000-0003-0123-3183

Paula De Castro Brasil⁴

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

0000-0002-4486-6952

Resumo: Milhares de toneladas de lixo eletrônico são geradas diariamente em nosso país, e uma expressiva quantidade deste material vem de comunidades escolares. A despeito disso, poucos são os projetos que discutem a sua reutilização e, que integram o mesmo a temática de educação ambiental nas escolas. Desta forma, este trabalho teve por objetivo propor estratégias metodológicas para o reaproveitamento deste material e avaliar a implementação destas metodologias no contexto escolar.

Palavras-chave: Educação ambiental. Lixo eletrônico. Reaproveitamento. Cultura maker.

¹ Recebido em: 29/06/2023. Aprovado em: 05/05/2024.

² Licenciado em Física pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Mestre em instrumentação científica pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Doutor em Engenharia Nuclear pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE). Professor Associado da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. mauricioantolin@uezo.edu.br.

³ Graduação em Física: Licenciatura (2005). Bacharelado (2006) pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestrado em Ciência dos Materiais pelo Instituto Militar de Engenharia (IME) – 2008. Doutorado em Ciência dos Materiais pelo IME – 2012. Professora adjunta da UERJ giselecaboclo@yahoo.com.br.

⁴ Pós-doutorado em Inovação e tecnologias para a qualidade do projeto - PPGAU/UFRJ, convênio com o Fraunhofer Institut (2016). Doutora em Arquitetura (linha de pesquisa Projeto e Sustentabilidade) na Universidade Federal do Rio de Janeiro - PROARQ/ UFRJ (2014). Mestre em Arquitetura e Urbanismo (linha de pesquisa Projeto, Produção e Gestão) pela Universidade Federal Fluminense (2010). Especialista em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (2008). Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Gama Filho (2006). Professora adjunta da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). paulabrasil@gmail.com.

Educación Ambiental y cultura maker en el contexto de la educación 4.0

Resumen: En nuestro país se generan diariamente miles de toneladas de residuos electrónicos, y una cantidad importante de este material proviene de las comunidades escolares. Pese a esto, son pocos los proyectos que discuten su reutilización y que integran el tema de la educación ambiental en las escuelas. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo proponer estrategias metodológicas para la reutilización de este material y evaluar la implementación de estas metodologías en el contexto escolar.

Palabras-clave: Educación ambiental. Basura electronica. Reutilizar. Cultura maker.

Environmental Education and maker culture in the context of education 4.0

Abstract: Thousands of tons of electronic waste are generated daily in our country, and a significant amount of this material comes from school communities. Despite this, there are few projects that discuss its reuse and that integrate the theme of environmental education in schools. Thus, this work aimed to propose methodological strategies for the reuse of this material and evaluate the implementation of these methodologies in the school context.

Keywords: Environmental education. Electronic waste. Reuse. Maker culture.

INTRODUÇÃO

Chamamos de lixo eletrônico todo o equipamento eletrônico, que, após um período de uso é descartado de forma inadequada sem a intenção de ser reutilizado (Rodrigues, 2009). Anualmente, 53 milhões de toneladas de lixo eletrônico são descartados de forma incorreta em todo o mundo. Somado a isto, de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) ocorre um aumento anual de 4% deste tipo de resíduo, o que o torna o tipo de resíduo mais descartado em todo mundo (Green electron, 2021).

Outro dado preocupante é que o aumento do consumo por produtos eletrônicos tem se mostrado maior em países de baixa e média renda, que não possuem políticas específicas para realização do descarte correto destes materiais após o período de uso (Forti, 2019). Contudo, os países mais desenvolvidos ainda são os que mais produzem lixo eletrônico, este cenário é um reflexo da sociedade de consumo atual.

O elevado consumo de bens eletroeletrônicos se dá sobretudo, à velocidade com que novos aparelhos e novas tecnologias são lançados no mercado. Este processo é uma prática planejada pelas empresas, no qual o consumidor, para se manter atualizado faz substituições por novos aparelhos, alguns até com desconto caso haja entrega do aparelho antigo, que na maioria das vezes ainda estava funcionando, conduzindo a um ciclo de

substituição de equipamentos sem que haja qualquer necessidade e aumento a quantidade de lixo eletrônico produzido pelos consumidores.

À medida que o volume de lixo eletrônico aumenta, cresce também a preocupação de entidades governamentais, com o descarte deste tipo de material, sobretudo, por causa do seu efeito poluidor e de sua toxicidade.

Entre os materiais perigosos comumente encontrados no lixo eletrônico destacam-se metais pesados (como mercúrio, chumbo e cádmio) e produtos químicos (como clorofluorcarbonetos ou retardadores de chama). Silva *et al.* (2016) apontam o efeito destas substâncias e seus potenciais riscos à saúde humana e ao ecossistema. É sabido que estes metais pesados são extremamente tóxicos para as plantas e para os seres humanos, podendo causar problemas no sistema nervoso e de outros órgãos, enquanto os clorofluorcarbonetos são um dos maiores responsáveis para a diminuição da camada de ozônio.

Além do exposto acima, cabe destacar que mesmo quando o lixo eletrônico é aterrado ou incinerado, ele ainda pode acarretar contaminação, uma vez que alguns materiais contidos no lixo eletrônico são voláteis, não são biodegradáveis e, por meio de vazamentos, reações químicas e vaporização, podem causar contaminação dos solos e dos afluentes.

De acordo com um estudo da Global e-Waste Monitor, o Brasil está na liderança de produção do chamado lixo eletrônico (e-lixo) na América Latina, produzindo anualmente 1,5 mil toneladas deste tipo de material (Baldé *et al.*, 2017), o que torna evidente a falta de conscientização para o descarte e para o reaproveitamento deste material em nosso país.

De acordo com Carvalho *et al.* (2014) os chamados e-lixo abrangem uma infinidade de produtos, e são classificados normalmente em: linha branca (equipamentos de grande porte como geladeiras, fogões, microondas etc.); linha marrom (equipamentos de som e imagem como televisores, rádios, DVDs etc.); linha verde (equipamentos como computadores, celulares, tablets entre outros) e linha azul (equipamentos de pequeno porte como liquidificadores, ferro de passar roupas, aspiradores de pó etc.).

Estas categorias possuem dentro de si diferentes quantidades de resíduos e tempos de vida útil, e, desta forma, a tecnologia de reciclagem, os processos logísticos e de coleta devem ser específicos para cada categoria, da mesma forma que a atitude dos

consumidores no descarte destes produtos também deveria variar. Contudo, não é o que costuma ser observado (Forti, 2019).

Uma das grandes preocupações com este tipo de material advém tanto da quantidade de resíduos gerados e o despejo inadequado, uma vez que apenas 3% do lixo gerado por uma pessoa segue para centros de reciclagem (Floresti, 2018). O primeiro caso refere-se à composição química destes materiais que possuem resíduos altamente tóxicos, já comentados anteriormente e o segundo caso a falta de políticas que visem a conscientização da população para o descarte correto destes materiais. Isto mostra a necessidade urgente do desenvolvimento de políticas públicas que envolvam este tema (Albuquerque *et al.*, 2016).

POLÍTICAS PÚBLICAS PARA O DESCARTE DE E-LIXO

Diante da iminente urgência do tema e dos desafios a serem enfrentados, em um esforço conjunto entre a ONU, a Associação Internacional de Resíduos Sólidos (ISWA) e a União Internacional de Telecomunicações (UIT) foi criada em 2017 a Global E-waste Statistics Partnership (Parceria Global de Estatísticas de Lixo Eletrônico), cujo objetivo é coletar informações dos países sobre o descarte, criar um banco de dados global e promover o monitoramento do desenvolvimento ao longo do tempo do e-lixo.

Devido ao alto mercado consumidor, que gera uma grande quantidade de lixo arrecadada e reciclada, a legislação sobre e-lixo é mais avançada na Europa. Porém, na maioria dos países subdesenvolvidos inexistente uma legislação nacional sobre o tema (Baldé *et al.*, 2017).

Outra questão preocupante refere-se ao fluxo de materiais não rastreados que são enviados dos países desenvolvidos para serem descartados em países subdesenvolvidos, onde não existe legislação específica, ou onde a fiscalização é precária ou inexistente (Silva *et al.*, 2016). Cerca de 70% desses dos equipamentos eletrônicos fora de uso do planeta são exportados para a Ásia e para as nações africanas mais pobres. Nestes países há ainda a questão da reciclagem do lixo eletrônico (quando ocorre) ser sobretudo gerenciada pelo setor informal, o que faz com que os dados sobre descarte sejam imprecisos e dificultam ações públicas concretas.

No Brasil, a constituição de 1988 traz no seu escopo que todos temos o direito fundamental “ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo

e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”, desta forma, o texto imputa ao poder público o poder de fiscalizar e mediar ações que garantam a preservação ambiental e, em relação aos particulares, a necessidade de participar da gestão do patrimônio natural (Brasil, 1988).

No ano de 2003 entrou em vigor a diretiva 2002/95/CE da União Europeia que regulamenta o tratamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. Este documento responsabiliza de forma clara os fabricantes de produtos eletrônicos por todo o ciclo de uso do seu equipamento, que vai desde a fabricação até o descarte. Desta forma, é papel destas empresas recolher os produtos inutilizados, de forma sustentável e correta.

Também no início dos anos 2000, foi criada a *Electronics TakeBack Coalition* que tem por objetivo proteger a saúde dos usuários de equipamentos eletrônicos, bem como as comunidades onde os produtos eletrônicos são produzidos e descartados, exigindo que os fabricantes de eletrônicos e de marca assumam total responsabilidade pelo ciclo de vida de seus produtos, por meio de requisitos eficazes de políticas públicas. Contudo, estas iniciativas ainda esbarram no fato dos de que produtos eletrônicos serem produzidos numa localidade e entregues aos mais diferentes países do mundo.

Do exposto nos parágrafos anteriores, há uma necessidade de que a população entenda os objetos, os meios e os processos pelos quais o ciclo de vida de um produto passa. Tal questão só pode ser resolvida a partir de políticas de educação ambiental (Brasil, 1988).

Em 2010, a Lei n. 12.305, criou uma política nacional de descarte de resíduos sólidos gerados no país, que representa hoje uma das principais normativas sobre o assunto. Contudo, a despeito de sua promulgação, verifica-se a inexistência do cumprimento desta lei em quase todo o território nacional. Além disso, o Brasil, por ser um país de grande extensão territorial, possui inúmeras particularidades locais, necessitando que legislações estaduais e municipais sejam desenvolvidas.

Outro ponto importante, abordado por Sant’anna *et al.* (2016), é que o Brasil não possui um sistema de reciclagem completa de e-lixo. Em nosso país o reaproveitamento destes materiais se restringe às etapas de coleta, desmanche e separação de materiais, não conseguindo realizar de forma eficaz o processo de logística reversa que permite extração

de metais preciosos no processamento final. Isto mostra que investimentos em pesquisas nesta área devem ser fomentadas no Brasil.

A QUESTÃO DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NAS ESCOLAS

As primeiras iniciativas de educação ambiental surgiram na Europa na década de 70, junto ao conselho Nacional para educação ambiental e o relatório produzido pelo clube de Roma sobre as relações entre o limite do crescimento econômico e a redução do consumo. Já em 1975, surge o Programa Internacional de Educação Ambiental, onde fica estabelecido que a Educação Ambiental (EA) deveria ser contínua, multidisciplinar, integrada às diferenças regionais e voltada para interesses nacionais. Desta forma, este programa carrega consigo a questão da interdisciplinaridade do tema, o que pressupõe que ações conjuntas devem estar presentes nos currículos escolares.

No ano de 1992, ocorreu no Brasil o Fórum Global, na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92), onde foi elaborado o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global. Este documento, organizado pela sociedade civil, reconhece a Educação Ambiental e institui os princípios essenciais da educação para sociedades sustentáveis, destacando a necessidade da formação para o pensamento crítico, coletivo e solidário. Além disso, este documento estabelece a relação entre as políticas públicas de Educação ambiental e a sustentabilidade (Dias, 2004; Brasil, 2007).

A Rio 92 é ainda hoje considerada um dos principais eventos em que se discutiu a educação ambiental de forma clara e objetiva, e conduziu a uma série de ações públicas posteriores envolvendo esta temática, como exemplo, a aprovação da Lei nº 9.795, de 27.4.1999 e do seu regulamento, o Decreto nº 4.281, de 25.6.20025, estabelecendo a Política Nacional de Educação Ambiental. Nela a educação ambiental é abordada do ponto de vista social, e deve ser construída através de ações educativas permanentes, que conduzam os indivíduos a utilizarem de modo qualificado os recursos ambientais.

A despeito disto, observa-se que a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), lei nº 9.394/96, trata o tema da educação ambiental de forma superficial. Quase uma década depois, no censo escolar de 2004, uma grande parcela das escolas declarou abordar a educação ambiental nos seus currículos. Conforme demonstrado por Loureiro *et al.* (2010) o censo mostra uma grande preocupação das escolas em conscientizar para a

cidadania, além de promover uma compreensão crítica e complexa da realidade socioambiental.

Contudo, após quase 20 anos deste texto, a educação ambiental ainda é relegada nas escolas a realização de projetos interdisciplinares isolados, e que pouco tem reflexo com as questões socioambientais que envolvem a atual sociedade de consumo. Neste sentido, é preciso uma revisão das metodologias e das práticas pedagógicas dos educadores. Uma grande questão é que muitos profissionais da educação após a conclusão e seus cursos de nível superior não realizam cursos de capacitação e aprimoramento, o que torna difícil a introdução de novas práticas no ambiente escolar.

Sobre estas questões, Loureiro (2010) aponta como estratégias: Ampliar e fomentar o envolvimento de professores, garantir a participação dos profissionais do ensino fundamental em eventos como forma de atualização de informações.

Nos últimos anos, com as atualizações sofridas pela LDB e a nova Lei do Ensino Médio Brasileiro, o tema voltou a ser discutido, porém, observa-se ainda um vácuo de informações a respeito de sua implementação efetiva neste segmento (Colacios *et al.*, 2020; Senado Federal, 2023).

A CULTURA MAKER NO AMBIENTE ESCOLAR

Atualmente, é muito comum ouvirmos de educadores de todas as áreas o relato sobre o desinteresse de seus alunos pelo conteúdo ministrado. No entanto, também surgem relatos de práticas educacionais bem-sucedidas que fazem uso de novas metodologias e tecnologias de ensino. Nestas atividades, o aluno tem a oportunidade de experimentar de forma prática, o conteúdo que antes era apresentado apenas teoricamente, permitindo ao aluno a possibilidade de construir o conhecimento que está sendo apresentado a ele como conteúdo curricular.

Um dos papéis e desafios das instituições de ensino é justamente criar um ambiente de estímulo ao aprendizado. Um dos primeiros a apontar a importância da criação neste processo foi o professor Seymour Papert, do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts, nos Estados Unidos), que utilizou o termo *construcionismo* (Bliksteins, 2016) para explicar o papel do envolvimento do estudante na construção de sua aprendizagem por meio da manipulação e criação de objetos, o chamado *aprender fazendo* (*learning by doing*).

O conceito de aprender fazendo é um dos pilares da chamada educação 4.0, que responde às necessidades da chamada 4ª Revolução Industrial (a revolução digital), que tem a experimentação como base para a absorção de conhecimento e desenvolvimento de competências (Garofalo, 2018; Führ, 2018).

Neste contexto, a cultura *maker* surge como uma extensão da cultura do faça você mesmo e propõe ao aluno criar soluções e se tornar protagonista do seu aprendizado. Este movimento utiliza recursos oriundos da educação 4.0 tais como impressora 3d e a robótica educacional, o que permite ao aluno criar recursos didáticos que poderão ser utilizados em projetos desenvolvidos individualmente ou em grupo, sobre a supervisão de um professor.

Neste contexto, a robótica tem se mostrado uma grande aliada no desenvolvimento intelectual dos alunos, principalmente na área das ciências exatas, em que muitos apresentam dificuldades. Contudo, a utilização da robótica nas escolas públicas ainda esbarra nos altos custos necessários para a sua implantação.

Existem diversos trabalhos bem-sucedidos realizados em escolas públicas do Brasil que propõem a utilização de materiais reciclados (Santos *et al*, 2016; Santos *et al*, 2017). Contudo, na maior parte destes projetos, o reaproveitamento de materiais não se estende ao e-lixo, em virtude da dificuldade existente na extração destes elementos dos produtos.

Uma alternativa para este problema é a chamada “robótica pedagógica livre” em que os kits de montagem dos robôs e os sistemas computacionais necessários são todos reaproveitados de equipamentos eletroeletrônicos obsoletos que foram descartados e geralmente são doados, ou seja, o custo com peças e montagens cai praticamente a zero. Dessa forma é possível levar uma tecnologia de ponta (robótica) para a escola pública.

A partir de experiências vivenciadas por uma das autoras deste trabalho, que foi por muitos anos professora da educação básica da Secretaria do Estado do Rio de Janeiro e que hoje é professora de uma universidade pública do mesmo estado, e da identificação de uma lacuna existente nas propostas curriculares voltadas para essa faixa etária, foi realizado um estudo que apresentava uma proposta de integração entre estes dois entes da educação (básica e superior), como forma de mitigar este problema.

Desta forma, no ano de 2021, foi criado na Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Campus Zona Oeste (UERJ -ZO), o NAPEREL (Núcleo de Apoio a Projetos de

Engenharia e Robótica Educacional Livre), que tem por objetivo realizar a capacitação de professores das escolas públicas para trabalhar com recursos oriundos da indústria 4.0, tais como projetos de robótica e impressão 3d. Isto é feito através da oferta de cursos gratuitos por este núcleo, bem como da assessoria e acompanhamento a projetos educacionais em escolas públicas. Um dos cursos ofertados é voltado para o reaproveitamento de lixo eletrônico em projetos educacionais, com enfoque principal em projetos voltados para as áreas de ciência e artes. Após a realização do curso, estimula-se os professores a implementação na escola de projetos voltados para esta área.

Estas ações, permitem a construção de projetos de robótica integralizados entre a escola e a universidade, em que ambas estão ativamente gerando o conhecimento e permitindo a propagação e a difusão do conhecimento a toda uma comunidade escolar. Isto nos mostra que esta iniciativa tem o potencial de estimular a inserção de uma grande parcela de jovens no universo da engenharia e o de promover o despertar do pensamento computacional dos mesmos, ou seja, tem grande potencial para formar indivíduos mais qualificados para o mercado de trabalho.

Além disso, conforme apontado por Machado *et al.* (2020), práticas interdisciplinares envolvendo tecnologias como a Robótica, contribuem positivamente para uma postura mais crítica e ativa dos estudantes, o que pode favorecer o seu engajamento com a questão ambiental, já na idade escolar.

No ano seguinte, em 2022, a introdução do novo currículo para o ensino médio que propõe a introdução de diversos itinerários formativos para esta faixa etária, causou significativo impacto nos professores de todo o Brasil. A adoção destes itinerários pressupõe a oferta de novas disciplinas, que até então não eram contempladas, a serem ofertadas pelos próprios professores da rede escolar. A grande questão da implementação deste novo currículo consiste no fato de que os professores não passaram por nenhum tipo de formação específica, que os permitisse atender as demandas geradas por este novo currículo.

De acordo com Silva *et al.* (2016), a educação ambiental voltada para aprendizagem de conceitos científicos em atividades práticas utilizando lixo eletrônico e robótica sustentável, e onde o ensino de ciências tem como foco a inserção de estudantes em um contexto de formação científica crítica, potencializa o desenvolvimento e a aplicação dos conceitos estudados na sala de aula no cotidiano destes estudantes.

Neste sentido, a formação de professores em educação ambiental crítica, é de vital importância para que ocorra uma mudança no paradigma educacional atualmente vigente. Isso aponta para a necessidade de implementação de programas de formação continuada pelas instituições e órgãos gestores, assim como para a necessidade de implementação de políticas públicas mais efetivas de formação de professores.

Com isso, verificou-se no ano de 2022 o interesse de professores de diversas áreas do saber para participarem dos cursos ofertados pelo NAPEREL. Uma das grandes demandas hoje, é a implementação de projetos e atividades em escolas voltadas para a coleta e reaproveitamento de materiais reciclados. Através da coleta de lixo eletrônico verificou-se que é possível a construção de kits de robótica para estes ambientes (Barros et al, 2017), que possibilitem o desenvolvimento nos alunos o chamado “pensamento computacional” (Queiroz *et al.*, 2019). A coleta, separação e reaproveitamento destes materiais foi discutido na disciplina de robótica sustentável ministrada em uma escola da Zona Oeste do Rio de Janeiro, e sua implementação e seus resultados são expostos nas seções a seguir.

METODOLOGIA

O Método da Pesquisa empregado neste trabalho utilizou-se primeiramente da pesquisa bibliográfica de forma a elucidar conceitos como resíduos sólidos, lixo eletrônico ou tecnológico. A seguir, usou-se a pesquisa exploratório-descritiva, a fim de analisar como o processo educacional de reaproveitamento de e-lixo ocorre. Para isto, este trabalho desenvolveu estratégias para a reutilização de equipamentos e/ou itens de equipamentos eletrônicos descartados por defeitos em suas funções primárias, mas que ainda possuam funcionalidade e que possam ser utilizados em atividades educacionais com alunos que cursam o Ensino Médio na Rede Pública de Ensino do estado do Rio de Janeiro.

Neste sentido, inicialmente, os professores participantes do estudo passaram por cursos de capacitação no NAPEREL. Neste curso foi abordado o processo de retirada e separação dos materiais, bem como o descarte correto daquilo que não poderia ser reutilizado. Com o material coletado, foi possível construir um kit com peças oriundas de lixo eletrônico, que são passíveis de reaproveitamento. O kit montado é ilustrado na figura 1, e consiste das seguintes peças: Módulo WiFi, Capacidades, Indutores, Resistores,

Transistores, Diodos, LED, Bobina, Fusível, Buzzer, Motor, Sensor óptico reflexivo, Push button, Led RGB e Fios.

Figura 1: Kit de robótica montado a partir de e-lixo.



Fonte: O autor (2023)

Após esta etapa, foi utilizado o critério adotado por Santos *et al.*, (2010), que estabelece o processo de reaproveitamento de e-lixo dividido em 3 etapas: coleta, pré-processamento (desmanche, fragmentação e separação) e processamento final, para verificar se estas etapas são cumpridas de forma efetiva, eficiente e com consciência ambiental, e verificar, quais são os pontos chaves a serem discutidos para que a educação ambiental ocorra de forma bem-sucedida no ambiente escolar.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O kit de robótica teve suas peças utilizadas para a montagem de diversos dispositivos. Para facilitar a montagem dos dispositivos e a utilização do material futuramente nas escolas, foi desenvolvido um material didático específico para o curso de capacitação dos professores, onde é proposto um dispositivo que pode ser montado a partir de cada material coletado. Este material didático foi organizado na forma de apostila e continha proposta para atividades envolvendo materiais recicláveis para estudantes de ensino médio. Esta apostila está disponível na página do laboratório de dispositivos móveis (Labmov) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro campus Zona Oeste (UERJ-ZO) na internet <https://labmov.tech/curso/elementor-516/>.

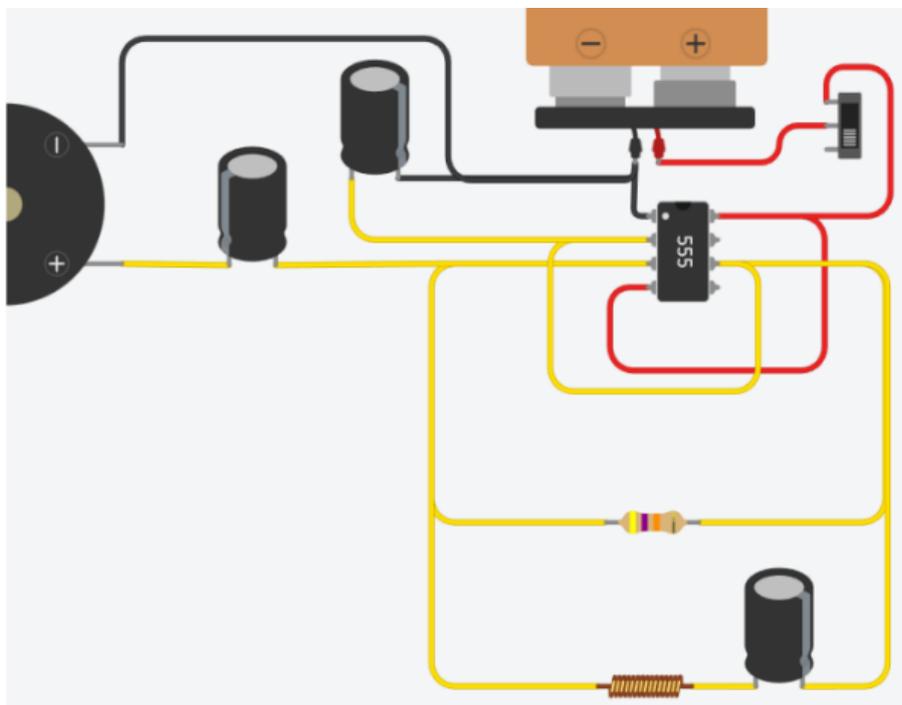
Como exemplo de um dos dispositivos montados, temos o detector de metais que foi montado a partir do reaproveitamento de capacitores, resistores, fios de cobre e alto falante (figura 2). A figura 3 mostra o modelo esquemático do projeto montado.

Figura 2: Projeto de detector de metais caseiro.



Fonte: O autor (2023)

Figura 3: modelo esquemático do detector de metais.



Fonte: O autor (2023)

Após a realização do curso, os professores foram instigados a desenvolver estas ações no ambiente escolar. Para isto, a apostila desenvolvida no curso e o kit de robótica foram utilizados como material. Na figura 4, temos imagens de alguns dos projetos desenvolvidos em uma das escolas, onde é possível verificar o processo de separação de

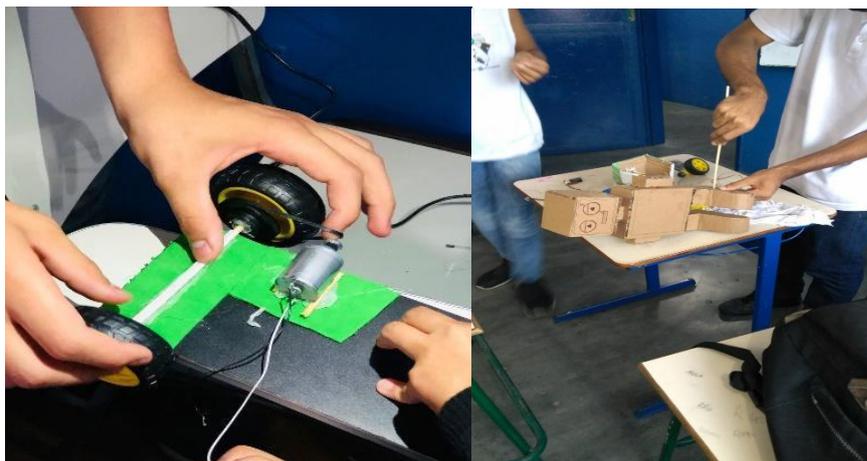
peças, imagens da construção de um veículo motorizado, onde pode ser observado que até mesmo o chassi do veículo foi construído a partir do reaproveitamento da estrutura de um computador figura 5 e de robôs figura 6.

Figura 4: processo de separação de peças de lixo eletrônico.



Fonte: O autor (2023).

Figura 5: (a) Construção de um Veículo com peças reaproveitadas e (b) Construção de um Robô com peças reaproveitadas.

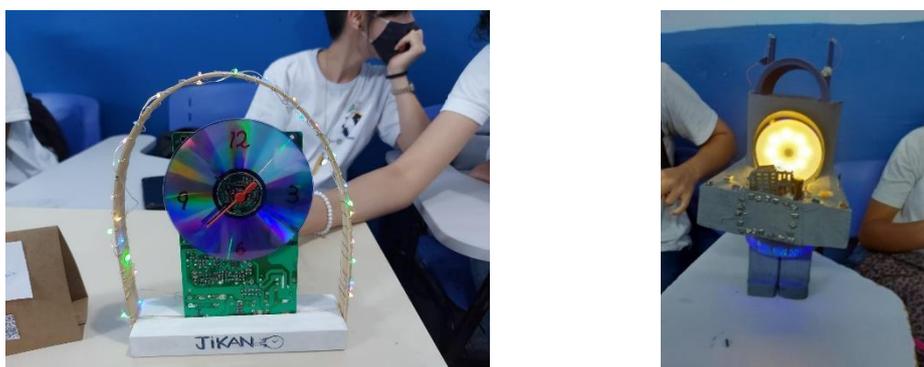


Fonte: O autor (2023)

Com estes projetos desenvolvidos, foi possível a organização de feiras científicas nas unidades escolares, onde os projetos expostos fizeram uso do material que foi reutilizado (Figura 6):

A partir destas iniciativas desenvolvidas foi despertado no colégio o desejo de se criar um clube de ideias sustentáveis com os alunos, que vise o desenvolvimento de projetos voltados para o reaproveitamento de materiais reciclados, oriundos de lixo eletrônico.

Figura 6: Apresentação de trabalhos nas unidades escolares envolvendo reciclagem de materiais.



Fonte: O autor (2023)

Além dos materiais trazidos pelos alunos, do próprio espaço escolar foi arrecadado materiais como impressoras, computadores, ventiladores etc., que ficavam acumulados em um depósito da escola. Os materiais que não puderam ser reaproveitados em projetos, foram enviados para uma empresa de reciclagem no estado do Rio de Janeiro (FUTURA LTDA). Uma

das principais dificuldades encontradas nesta etapa foi a dificuldade de se encontrar empresas que realizassem o serviço de coleta de forma gratuita para a escola. Além disso, uma grande maioria de empresas declarou só retirar o material coletado sem custos, caso fossem arrecadados uma quantidade expressiva de um mesmo tipo de equipamento. Isto mostra a necessidade de existir não somente o incentivo governamental para a realização destas ações, mas também políticas públicas que facilitem a retirada adequada deste material dos pontos de coleta, através de parcerias público-privadas.

No Brasil, Silva *et al.* (2016) realizaram um mapeamento acerca do descarte de e-lixo no município de Anápolis e constataram que empresários que trabalham na região com coleta e descarte deste tipo de material ainda possuem claras dúvidas a respeito do que é lixo eletrônico e do que é material reciclável, isto mostra a falta de preparo do setor neste país e apontam para a necessidade de políticas públicas para área.

De acordo com Guimarães (2004), a educação ambiental nas escolas ocorre como um processo contínuo de aprendizagem, de forma a envolver todos os níveis de escolaridade. Neste processo, o educando deve obter conhecimentos acerca das questões ambientais, fazendo com que o mesmo passe a ter uma nova visão sobre o meio ambiente e por último seja capaz de atuar como um agente transformador em relação à conservação ambiental.

Conforme exposto anteriormente, o termo Educação Ambiental surgiu na década de 70 (Medeiros *et al.*, 2011) como resposta à necessidade de incluir nos currículos formais da educação básica a preocupação com as questões socioambientais e o papel do homem como agente transformador da natureza (UNESCO, 2005). No Brasil, a Constituição Federal de 1988 e a Rio 92 são considerados dois marcos importantes da questão de Educação Ambiental, abrindo caminhos norteadores para uma mudança de políticas públicas educacionais. Contudo, o que se observa é que após mais de 3 décadas destes marcos, pouco se evoluiu em relação a esta temática.

Cabe aqui o entendimento que disseminar a cultura *maker* nas escolas é importante, porém esta discussão deve estar alinhada com a necessidade de “fazer você mesmo” de forma consciente e em consonância com as questões ambientais. Neste sentido, a introdução de robótica sustentável no currículo pode resolver esta lacuna.

No entanto, o que foi observado sobre os projetos desenvolvidos no espaço escolar nos mostra um fato preocupante. Se por um lado a reutilização de peças de e-lixo em projetos educacionais proporciona um bom caminho para resolver o problema da reciclagem de parte

destes materiais, por outro lado, foi observado que após os projetos serem montado e utilizados, em alguns casos os educadores não sabiam o que fazer com os mesmos após o término das aulas e este material ficava novamente obsoleto.

Outra questão importante é que pouco se viu durante o processo de separação destes materiais o enfoque de toxicidade destes produtos e os seus efeitos nocivos ao organismo humano. Além disso, não é tratada a questão de separação de elementos durante estes encontros. Desta forma, os currículos de educação básica devem incluir a cultura *maker* sobre a ótica do impacto ambiental. Não basta fazer você mesmo e continuar com políticas educacionais que não sejam críticas e continuem desconectadas de nossa realidade socioambiental.

Uma questão que foi observada durante a etapa de separação de materiais é a necessidade de se ter uma grande quantidade de ferramentas específicas para a retirada correta das peças, pois sem estes equipamentos torna-se difícil o posterior reaproveitamento das mesmas.

Outro ponto a se destacar é que, ao se realizar uma pesquisa sobre estes temas na base de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), verificase que não há material disponível sobre o assunto que englobe os termos “cultura *maker*” e “educação ambiental”. Isto mostra que a divulgação a correlação entre os temas ainda é pouco explorada no meio científico.

Esse é um dos motivos que gerou uma das grandes dificuldades observadas para se ministrar esses conteúdos: a escassez de material didático específico, como livros e apostilas, direcionados ao ensino básico, que trate do descarte correto do e-lixo. Isso faz com que a principal fonte de consulta para os professores prepare suas aulas sejam textos da internet. À despeito destas dificuldades, observou-se que de maneira geral os professores tentaram buscar a utilização de metodologias ativas de aprendizagem, fazendo uso de rodas de conversa e metodologia baseada em problemas. Além disso, verificou-se que temas importantes conectados a esta temática, tais como economia circular, foram abordados nos encontros.

As contribuições da robótica sustentável para a cultura *maker* podem ser potencializadas caso estejam alinhadas com campanhas de conscientização ambiental. Para o caso particular deste estudo, observou-se que a realização de palestras sobre o tema aliadas a arrecadação de material para compor o kit didático, mostrou-se mais efetiva que o simples uso do material em sala de aula.

Outra questão importante, já abordada por Machado (2020) é poder trabalhar a cultura *make* sobre a ótica do consumismo e sua relação com a educação ambiental. Machado (2020) em seu trabalho avaliou como a criação de hortas pode estabelecer uma relação mais consciente entre a questão alimentar, os indivíduos e o meio ambiente.

Além disso, foi possível observar que a utilização de materiais oriundos de lixo eletrônico possui um grande potencial para motivar os alunos sobre a importância do reaproveitamento, de sua coleta e do descarte adequado destes materiais. Ademais, a grande diversidade de peças encontradas permite que uma larga gama de experimentos seja montada, além de baratear a construção de experimentos, tornando o acesso a peças de robótica mais facilitado, o que é importante principalmente para alunos de baixa renda.

CONCLUSÃO

Através deste trabalho foi possível perceber a importância do reaproveitamento de lixo. Contudo, percebe-se que iniciativas que visem o reaproveitamento deste material ainda esbarra na falta de políticas públicas, que por exemplo, gerencie a arrecadação e coleta destes materiais de forma correta. A necessidade desta coleta ser auxiliada pela iniciativa privada limita iniciativas como estas ao caráter econômico, uma vez que estas empresas realizam apenas a coleta destes materiais quando é lucrativo.

Além disso, observa-se a necessidade de coleta de dados sobre lixo eletrônico e a melhoria das estatísticas a respeito do tema, de forma a gerar material de suporte técnico adequado para a elaboração de políticas públicas. Dessa maneira, dados mais adequados podem contribuir para minimizar a geração de lixo eletrônico, impedir o descarte ilegal e o tratamento inadequado, promover a reciclagem e criar uma sociedade mais crítica e participação sobre a questão ambiental.

Em relação ao desenvolvimento dos kits de robótica, observou-se que o grande obstáculo para a montagem e utilização deste material reside na falta de preparo dos professores para realizar esta função neste nível de escolaridade.

Outro ponto a ser destacado é que para a implementação de práticas pedagógicas que envolvam o reaproveitamento de materiais eletrônicos é necessário que os professores passem por cursos de capacitação, que promovam a discussão de metodologias, políticas públicas, além de gerar conhecimento sobre separação destes materiais.

Contudo, a coleta destes materiais no ambiente escolar mostrou-se um importante mecanismo para a reciclagem deste tipo de material e reaproveitamento do mesmo, possibilitando o desenvolvimento de um kit de robótica de baixo custo e diversificado, que permitiu que diversos experimentos na área de robótica e ciências exatas fossem elaborados.

Em relação a oferta de cursos na área de robótica sustentável, foi observado que além de cursos práticos e palestras em escolas, há uma necessidade de promover uma análise e uma discussão mais aprofundada com os educadores e com a comunidade escolar sobre a importância de fomentar práticas pedagógicas alinhadas às necessidades da comunidade local e de questões socioambientais. À despeito das críticas sofridas pela introdução do currículo para o Novo Ensino Médio, faz-se necessário que os conhecimentos aprendidos no ambiente escolar estejam conectados aos problemas de sua sociedade de maneira a formar indivíduos mais críticos e preparados para atuarem de forma ativa em seu cotidiano. Neste sentido, a educação ambiental tem papel fundamental.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. F. A., Oliveira, L. S., Lima, E. P., Silva, P. H. G., Lima, S. F. Robô eco-sustentável para aplicação em robótica educativa, utilizando lixo tecnológico. Ciências exatas e tecnológicas, v. 3, n.3, p. 215-228, 2016.

Baldé, C.P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). The Global E-Waste Monitor 2017. Bonn/Genebra/Viena: United Nations University. Recuperado de: www.itu.int/en/ITUDE/ClimateChange/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf.

BARROS, E. T. G. D.; LINS, W. C. B. O Ensino da Robótica Educacional por Meio do E-Waste: uma Proposta de Baixo Custo e Reuso de Materiais Eletrônicos. In: II Congresso sobre Tecnologias na Educação, Paraíba maio de 2017. Disponível em: https://ceur-ws.org/Vol-1877/CtrlE2017_AR_10_67.pdf. Acesso: 22/11/2019

BLIKSTEIN, P. Viagens em Troia com Freire: a tecnologia como um agente de emancipação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 837-856, jul./set. 2016.

BRASIL, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. – 7. ed. – Brasília, DF: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2023. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/642419/LDB_7ed.pdf. Acessado em 02/04/2024

BRASIL. Constituição. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988. 292p.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, CXLVII, n. 147, 03 ago. 2010. Seção 1, p. 3-7.

CARVALHO, C. M. B., XAVIER, L. H. Gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

COLACIOS, R. D.; LOCASTRE, A. V. A ausência e o vácuo: Educação Ambiental e a Nova Lei do Ensino Médio brasileiro no século XXI. Revista De Educação PUC-Campinas, 25, 1–15, 2020. <https://doi.org/10.24220/2318-0870v25e2020a4589>

FLORESTI, F. Quase todo lixo eletrônico do Brasil é descartado de maneira errada. **Revista Galileu**. 2018. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2018/05/quase-todo-lixo-eletronico-do-brasil-e-descartado-de-maneira-errada.html>. Acesso em: 10 de maio 2023.

Forti, V. O crescimento do lixo eletrônico e suas implicações globais. **Panorama setorial da Internet**, N. 4, Ano 11, 2019. Disponível em: <https://nic.br/media/docs/publicacoes/6/20191217174403/panorama-setorial-xi-4-lixo-eletronico-atualizado.pdf>. Acesso em: 5, junho de 2023.

FUHR, R. C. Educação 4.0 e seus impactos no século XXI. *In*: V CONEDU. Olinda, Pernambuco, 17 a 20 de outubro de 2018. **Anais do V CONEDU**, Olinda, 2018.

GAROFALO, D. Como trazer a Educação 4.0 para dentro da sala de aula. **Nova Escola**, ago. 2018. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/12396/como-trazer-a-educacao-40-para-dentro-da-sala-de-aula>. Acesso em 20 novembro. 2019.

Green eletron. Resíduos eletrônicos no Brasil. 2021. Disponível em: https://greeneletron.org.br/download/RELATORIO_DADOS_2023.pdf. Acesso em 10/12/2023.

GUIMARÃES, M. **A formação de educadores ambientais**. 8ª Edição. Campinas: Papyrus, 2004.

LINDSAY, T. S.; MACHADO, R. T. M. M. BRITO, M. J. Os resíduos eletrônicos no Brasil e no exterior? Diferenças legais e a premência de uma normalização mundial. Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 37-53, 2014.

LOUREIRO, C. F. B.; COSSÍO, M. F. B. Um olhar sobre a educação ambiental nas escolas: considerações iniciais sobre os resultados do projeto “O que fazem as escolas que dizem que fazem educação ambiental?” Vamos cuidar do Brasil: Conceitos e práticas em educação ambiental nas escolas. Brasília, 2007.

MACHADO, A. A.; ZAGO, M. R. R. S. Articulações entre práticas de educação ambiental, robótica e cultura maker no contexto das aulas de laboratório de ciências. *Tecnologias, sociedade e conhecimento*, v. 7, n. 2, dez.2020.

MARTINS, J. P. A.; SCHNETZLER, R. P. Formação de professores em educação ambiental crítica centrada na investigação-ação e na parceria colaborativa. *Ciênc. educ.* 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320180030004>

PAPERT, S. LOGO: Computadores e Educação. São Paulo: Brasiliense, 1986.

QUEIROZ, R.L.; SAMPAIO, F.F. e SANTOS, M.P. DuinoBlocks4Kids: Utilizando Tecnologia Livre e Materiais de Baixo Custo para o Exercício do Pensamento Computacional no Ensino Fundamental I por meio do Aprendizado de Programação Aliado à Robótica Educacional. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, v. 27, n. 2, p. 167-196, 2019. DOI: 10.5753/RBIE.2019.27.02.167.

RODRIGUES, A. C. Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos. 2009. Disponível em: http://www.sfiac.org.br/iel/bolsaderesiduos/Artigos/Artigo_Equi_Elet_elet.pdf. Acesso em 12 de maio de 2023.

SÁNCHEZ, J. LabVAD-Maquete Controlada por Arduino para Robótica Educacional. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, Volume 14, p. 330 – 335, 2018.

SANTOS, F. H. S. S.; SOUZA, C. E. G. Resíduos de origem eletrônica. *SÉRIE TECNOLOGIA AMBIENTAL*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

SANTOS, I.; MEDEREIROS, L. F. Robótica com Materiais Recicláveis e a Aprendizagem Significativa no Ensino da Matemática: Estudo Experimental no Ensino Fundamental. *In: VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2017)*. Recife, 2017. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/16262>. Acesso em: 30/11/2019.

SANTOS, J. T. G; COSTA, V. A.; SILVA, J. G.; LIMA, J. F. S; SANTOS, N. F. A robótica educacional como prática de conscientização em favor do meio ambiente. *In: III CONEDU (Congresso Nacional de Educação)*. Natal, Rio Grande do Norte, 05 a 07 de outubro de 2016. *Anais do III CONEDU*, Natal, 2016. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2016/TRABALHO_EV056_MD1_SA10_ID6248_17082016221631.pdf. Acesso em: 28/11/2019.

SILVA, A. P. B., CASTRO, J. D. B. O Descarte para o e-lixo e políticas públicas: um diagnóstico para o município de Anápolis. *Revista de Economia*, Anápolis-GO, vol. 12, nº 01, p.109-128. 2016.

SILVA, J. B.; ALMEIDA, D. K. R. S.; JÚNIOR, J. A. D.; COSTA, D. F. Cultura Maker e Robótica Sustentável no Ensino de Ciências: Um Relato de Experiência com Alunos do Ensino Fundamental. *In: V Congresso sobre tecnologias na educação (Ctrl+E 2020)*, João Pessoa – PB, de 25 a 28 de agosto de 2020.

SOBRINHO, L. L. P. Desafios da sustentabilidade na era tecnológica: impactos ambientais. Univali, 2019.